This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE

PAR

F. A. LONGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Membre de l'Académie impériale de médecine,
de la Société philomatique,
correspondant de l'Académie des curieux de la nature, de l'Institut de Bologne,
de l'Académie des sciences de Turin, des Sociétés des sciences médicales et naturelles de Fribourg,
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

TOME SECOND

DEUXIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

PARIS

LIBRAIRIE VICTOR MASSON

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1860

Droit de traduction réservé.

LANE MEDICAL LIBRARY

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

TRAIT

DE

ISIO

TOME S

TRAITÉ

DE

MYSIOLOGIE

TOME SECOND

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

[SIOLOGIE

PAR

F. A. LONGET

SEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Membre de l'Académie impériale de médecine,
de la Société philomatique,
lant de l'Académie des curieux de la nature, de l'Institut de Bologne,
sciences de Turin, des Sociétés des sciences médicales et naturelles de Fribourg,
Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

TOME SECOND

DEUXIÈME ÉDITION

[redacted]

TRAITÉ
DE PHYSIOLOGIE.

DES SENS EN PARTICULIER.

SENS DE LA VUE.

DE L'AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS VISUELLES.

Les corps qui affectent spécialement l'organe de la vue sont dits *lumineux :* les uns sont lumineux par eux-mêmes, les autres le deviennent par réflexion.

Puisqu'il n'y a aucun contact immédiat entre l'appareil visuel et l'objet qui l'impressionne, puisque la distance qui les sépare est souvent infinie, il est impossible de méconnaître l'existence d'un agent particulier, intermédiaire obligé entre le foyer de radiation et notre œil : cet agent excitateur est la *lumière.*

Comment la lumière se transmet-elle à travers le vide ou les milieux qui nous environnent, pour arriver à l'organe de la vision ? Tel est l'intéressant problème qui, dès les premiers pas de la physique expérimentale, a vivement préoccupé les savants.

Deux hypothèses, qui immortalisent le génie de leurs auteurs, ont été proposées dans le but de résoudre ce problème. Dans la première, on suppose qu'une substance douée d'une ténuité extrême s'échappe continuellement des corps lumineux, s'irradie dans toutes les directions ; et l'on est forcé d'admettre que les particules de cette substance présentent une subtilité si grande, qu'il est impossible d'apprécier, à l'aide de nos procédés d'investigation, leur poids aussi bien que leur impénétrabilité. Parmi les corps de la nature, les uns, se trouvant sur le trajet de ces particules, ont la propriété de les arrêter : ce sont les corps *opaques ;* les autres peuvent se laisser traverser par elles : on les nomme *transparents.* Cette hypothèse, dont Newton est l'auteur, est celle de l'*émission.* Dans la seconde hypothèse, qui est due à Descartes, on rejette l'idée d'un agent matériel parcourant des espaces immenses avec une prodigieuse rapidité, et l'on admet que les molécules des corps lumineux entrent en vibration, que les oscillations qu'elles exécutent autour de leur position d'équilibre se transmettent aux particules d'un fluide remarquable par une excessive élasticité, répandu dans tout l'univers, et désigné sous le nom d'*éther.* Cette autre manière d'expliquer la transmission de la lumière, de l'assimiler à la nature du son, à sa propagation à travers les différents corps solides, liquides ou gazeux, constitue l'hypothèse des *ondulations.*

Longtemps la théorie newtonienne a régné seule dans la science. Depuis les travaux de Fresnel sur les interférences et la diffraction, les partisans de l'émission

sont devenus rares. L. Foucault a démontré, en 1853 (1), que la vitesse de propagation de la lumière croît dans les milieux à mesure que leur indice de réfraction diminue; il a prouvé en même temps que l'hypothèse de Newton est aujourd'hui inadmissible. Celle de Descartes a donc fait un pas de plus et conquis de nouveaux adhérents.

La *théorie de l'œil* réclame, pour son développement, la connaissance d'un grand nombre de principes d'optique. Abandonnant leur complète exposition aux traités de physique, nous devons néanmoins rappeler brièvement, parmi les lois de la lumière, celles qui sont indispensables à l'intelligence des phénomènes de la vision.

Si l'on suppose un corps, lumineux par lui-même, isolé au milieu d'un gaz ou suspendu dans le vide, il sera visible dans toutes les directions; et, si l'on imagine un point de l'espace éclairé par sa radiation, la ligne qui joindra ce point à l'un des éléments du corps lumineux représentera la direction d'un *rayon de lumière*. Les émissionistes pensent que l'on doit désigner ainsi la trajectoire parcourue par les molécules lumineuses. Dans la théorie des ondulations, un rayon de lumière est la direction suivant laquelle se transmettent, de proche en proche, les ondulations de l'éther ébranlé par les vibrations des molécules du corps lumineux. Cette direction n'est rectiligne que pour le cas très particulier où le milieu dans lequel se transmet la lumière est homogène.

Si, par abstraction, on isole un point d'un corps lumineux, ce point enverra des rayons dans toutes les directions, et s'il est supposé placé au centre d'une sphère creuse, celle-ci sera éclairée sur toute sa surface interne. Que l'on imagine maintenant le même foyer de radiation placé au centre d'une sphère d'un rayon double de celui de la première, la même quantité de lumière sera répartie sur une surface qui croîtra comme le carré du rayon, c'est-à-dire comme le carré de la distance qui sépare la source lumineuse du point éclairé; et alors chacun des éléments des sphères recevra une proportion de lumière qui sera en raison inverse des surfaces éclairées ou encore du carré de leur rayon. C'est ainsi que l'on peut démontrer que l'*intensité* de la lumière est en raison inverse du carré de la distance du point éclairé à la source lumineuse.

Longtemps on a cru que la *vitesse* de la lumière est infinie. Les expériences de Galilée, faites sur des bases trop restreintes, avaient accrédité cette erreur : chacun sait aujourd'hui que la lumière parcourt un espace de 70 000 lieues par seconde et que c'est dans un phénomène astronomique, l'éclipse des satellites de Jupiter que Rœmer et Cassini ont dû chercher la démonstration de ce fait important.

La lumière, en rencontrant les corps qui se meuvent dans l'univers, subit différentes influences dont la connaissance sera ultérieurement nécessaire à l'analyse des conditions que les divers appareils organiques doivent présenter pour servir à la vision.

Soient un point lumineux et une plaque circulaire de métal poli située à une certaine distance de ce point. La plaque recevra des rayons divergents émanés du foyer de radiation, et l'on aura ainsi un pinceau lumineux, offrant la forme d'un cône dont le sommet sera au point éclairant et la base sur le cercle métallique. Parmi les rayons incidents, les uns, pénétrant dans une couche plus ou moins mince de la

(1) *Sur la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau*, thèse inaugurale pour le doctorat ès sciences. Paris, 1853.

surface du corps, cesseront d'être visibles et seront absorbés ; les autres, rencontrant une surface polie, sembleront rebrousser chemin, et pourront agir sur les yeux d'un observateur placé dans certaines conditions dérivant des *lois de la réflexion.*

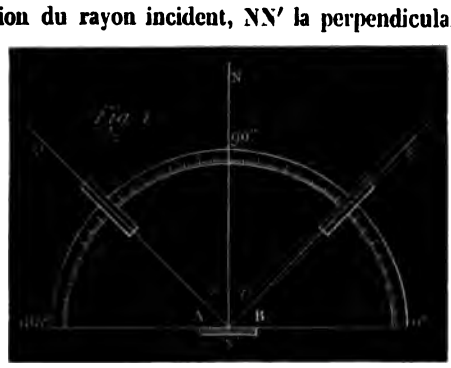
Réflexion de la lumière.

Un rayon de lumière réfléchi par un miroir n'est pas renvoyé tout entier dans la même direction. Une partie, rencontrant les aspérités nombreuses qui existent constamment à la surface des corps, est dispersée irrégulièrement par elles ; l'autre suit une marche définie, régulière, et subit ce qu'on nomme la *réflexion spéculaire.*

Supposons que le corps sur lequel arrive un rayon lumineux soit une lame métallique plane et polie ; il sera facile de trouver la relation qui existe entre la direction du rayon incident et celle du rayon réfléchi, entre le plan d'incidence et celui de réflexion.

Des observations simples et variées ont prouvé que, si l'on élève une perpendiculaire au point d'incidence, le plan passant par cette dernière et par le rayon incident contiendra le rayon réfléchi ; que si l'on mesure l'angle formé par le rayon incident et la normale, le nombre de degrés qui exprime sa valeur est le même que celui qu'on trouve pour la normale et le rayon réfléchi.

Ainsi (fig. 1) SN′ étant la direction du rayon incident, NN′ la perpendiculaire au point d'incidence, on trouve que le rayon réfléchi S′N′ forme avec la normale un angle *r* de réflexion égal à l'angle d'incidence *i*. On reconnaît aussi expérimentalement que ce rayon réfléchi est constamment dans le plan déterminé par le rayon incident et la perpendiculaire.



Les *lois de la réflexion de la lumière* se formulent de la manière suivante :

1° *Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans un même plan normal à la surface sur laquelle se réfléchit la lumière.*

2° *L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.*

De ces lois on peut facilement déduire la position dans laquelle un observateur devra être placé pour qu'un objet, situé en avant d'un miroir, soit visible par réflexion.

Des miroirs.

L'image que nous percevons au moyen d'un *miroir plan* nous semble placée derrière sa surface, à une distance précisément égale à celle qui sépare l'objet réel du plan réflecteur. On se rend compte de ce phénomène en sachant que, quelle que soit la direction de la ligne suivant laquelle se propage un rayon de lumière, l'œil jouit de la propriété de rapporter la sensation à une droite qui est le prolongement de la direction suivant laquelle l'organe a été ébranlé, et à un point de cette ligne tel que sa distance à l'œil soit égale à la longueur totale du chemin parcouru.

Bien que la réflexion sur les *miroirs courbes* n'ait pas une grande importance

pour la théorie de la vision, nous en dirons quelques mots, afin de nous rendre compte des images qui apparaissent aux surfaces de terminaison des différents milieux réfringents de l'œil.

Les surfaces courbes pouvant être considérées géométriquement comme formées par la réunion d'un nombre infini de plans extrêmement petits, la loi de la réflexion ne subit pour elles aucune variation, comme le démontrent d'ailleurs les recherches expérimentales. Mais l'inclinaison des éléments-plans, les uns par rapport aux autres, amène diverses conditions de rencontre pour les rayons réfléchis. Les lieux de l'espace où s'opère le croisement des rayons réfléchis sont d'autant plus éclairés, que le nombre de ces derniers qui les traversent est plus grand : ils appartiennent à des surfaces symétriques dont la forme a été trouvée par les géomètres, et qui sont désignées sous le nom de *caustiques*.

Ce qu'on appelle *foyer*, dans les miroirs concaves, est la petite portion de la caustique où se croise le plus grand nombre des rayons réfléchis.

Les rayons lumineux tombant parallèlement à l'axe d'un miroir sphérique se rencontrent, après leur réflexion, en un foyer dont la distance au miroir est toujours la même quand la courbure de la surface est identique. On considère abstractivement ce foyer comme un point : il est inutile de dire que c'est une surface peu étendue et généralement négligeable.

On voit, d'après ce qui précède, que les rayons parallèles à l'axe qui tombent sur un miroir concave sont rendus convergents par la réflexion jusqu'au *foyer principal :* à partir de ce lieu, ils deviennent divergents.

Tout point lumineux placé sur l'axe du miroir, à une distance finie plus grande que son foyer principal, envoie sur sa surface des rayons divergents qui convergent par réflexion jusqu'au foyer et qui divergent ensuite. Le foyer ainsi obtenu n'est pas constant pour une même surface réfléchissante. On démontre que sa distance au miroir est toujours plus grande que la distance focale principale ; que sa position est réciproque de celle du point radieux. On lui a donné le nom de *foyer conjugué*.

Un point radieux, situé hors de l'axe et à une petite distance de cette ligne fictive, donne par réflexion un foyer conjugué dont la position peut être déterminée par rapport à un axe secondaire. En se fondant sur des considérations analogues à celles qui nous ont guidé jusqu'ici, on se rend facilement compte de ce fait.

Quand on suppose que la source lumineuse, d'abord éloignée de la surface du miroir, se rapproche de plus en plus de ce dernier, le foyer conjugué se trouve à une distance de plus en plus grande. Si le point radieux se place au foyer principal, la rencontre des rayons réfléchis aura lieu à l'infini, c'est-à-dire qu'ils seront rendus parallèles. Enfin, en admettant que la distance de la source lumineuse au miroir est plus petite que la distance focale principale, on voit que la réflexion produit un effet inverse des précédents, et que la divergence des rayons est ainsi augmentée. Dans ce dernier cas, il n'y a pas de foyer formé réellement ; mais si, par la pensée, on prolonge derrière le miroir les rayons réfléchis à sa surface, on obtiendra abstractivement, par leur intersection, un système de courbes caustiques, et enfin un foyer que l'on a nommé *virtuel* ou *imaginaire*.

Images par réflexion. — Nous venons de supposer aux sources radieuses une étendue infiniment petite, afin de simplifier les explications. Des raisonnements analogues, faits pour tous les points d'un objet de forme quelconque, donnent un moyen facile de comprendre la génération des images au foyer des miroirs con-

ations de position, de forme et de grandeur par rapport aux corps es reproduisent pour le sens de la vue.

e lumière qui tombent sur les miroirs convexes, quelle que soit leur ement à l'axe, reçoivent toujours par la réflexion un certain degré Jamais il n'y a, par conséquent, rencontre des rayons réfléchis foyers réels. Les images que nous voyons au moyen de ces mi- t donc être recueillies en avant de leur surface au moyen d'écrans, ait dans le cas des miroirs concaves ; elles sont toujours *virtuelles*. périmentalement que les images vues dans les miroirs convexes sont . c'est-à-dire que leur position est la même que celle des objets ntent, que leurs dimensions sont toujours moindres que celle de n que variant dans certaines limites avec leurs distances au miroir.

ntenant à un sujet d'un intérêt beaucoup plus grand pour le phy- éorie physique de certaines images dont la formation pourra servir de l'influence exercée sur la lumière par certaines parties de l'or- n.

Réfraction de la lumière.

que la direction d'un rayon lumineux est rectiligne dans un mi- il n'en est pas de même lorsque la transmission de la lumière corps transparents de nature différente.

2) que AB soit une surface plane de jonction entre deux mi- r'ayant pas la même densité ; qu'au- n ait de l'eau, par exemple, et au- l'on considère le point O comme un n lumineuse, il enverra sur AB des tes les directions : isolons par la rayons, celui qui fait, dans un plan

prolongement de RI, prendra le chemin indiqué par la ligne IO, et formera avec la normale un angle OIP plus grand que RIP'.

Ces résultats, faciles à constater pour des corps transparents quelconques et présentant entre eux des différences de densité notables, ont permis de formuler le principe suivant :

Lorsqu'un rayon de lumière tombe obliquement sur la surface qui sépare deux milieux de densités inégales, il se rapproche de la perpendiculaire au point d'incidence en passant du plus dense dans le moins dense, et s'en éloigne dans le cas inverse.

On conçoit, d'après ces notions élémentaires, que, si le rayon tombe normalement à la surface de contact des deux milieux, l'angle d'incidence, à partir de la perpendiculaire, étant nul, l'angle de réfraction sera nul aussi, et que le rayon continuera à se mouvoir en ligne droite.

Ces notions sur la réfraction rendent compte, de la manière la plus satisfaisante, de plusieurs phénomènes qui se passent tous les jours sous nos yeux : de la brisure que paraît éprouver un bâton plongé obliquement dans un liquide, du soulèvement apparent du fond d'un vase dans lequel on verse de l'eau, etc.

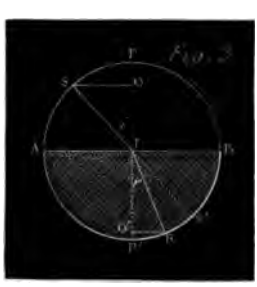
Pour mettre en évidence la réfraction que subit la lumière en passant d'un milieu dans un autre, on peut encore tenter l'expérience suivante :

On fait arriver dans une chambre obscure, par une ouverture circulaire, un pinceau de rayons parallèles, que l'on dirige obliquement sur la surface d'un vase de verre rempli d'eau tenant suspendues des particules légères d'un corps solide. Les rayons semblent alors se briser en pénétrant dans le liquide, et la marche du pinceau lumineux, dans ce dernier, est rendue sensible par la réflexion que fait subir à la lumière la poussière solide nageant dans l'eau.

Les physiciens ayant établi avec précision les lois de la réfraction, il importe de connaître certains résultats de leurs recherches qui ont d'étroites relations avec notre but principal.

Lois de la réfraction.

Descartes, le premier, chercha à déterminer les relations qui existent entre le rayon incident et le rayon réfracté. Il observa d'abord que le plan déterminé par la normale et par le rayon incident contient toujours le rayon réfracté. A l'aide d'un procédé grossier, il parvint à reconnaître que, si l'on mesure exactement pour deux substances, l'air et l'eau par exemple, l'angle d'incidence et l'angle de réfraction, le quotient obtenu en divisant le sinus de l'angle du premier par le sinus de l'angle du second reste constant, quelle que soit la direction suivant laquelle le rayon tombe.



Si, dans la fig. 3, l'angle SIP $= i$ est l'angle d'incidence, la longueur de la perpendiculaire SO, abaissée sur le rayon IP, exprime la valeur de sin i; il en est de même de la perpendiculaire RO' pour l'angle de réfraction RIP' $= r$, qui donne la valeur de sin r.

On a toujours $\frac{\sin i}{\sin r} = n$. Cette quantité n, constante pour deux milieux, est ce qu'on nomme l'indice de réfraction.

Les lois de la réfraction se formulentainsi :

1° *Le plan de réfraction coïncide toujours avec le plan d'incidence.*

2° *Le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant pour les mêmes milieux.*

Dans le cas particulier de l'air et de l'eau, la valeur n égale $\frac{4}{3}$.

Nous avons supposé que la lumière passait de l'air dans l'eau : si nous imaginons que l'inverse ait lieu, la marche sera réciproque, et la lumière repassera par les mêmes lieux. Il est évident, d'après cela, que si n est l'indice de réfraction de l'air par rapport à l'eau, $\frac{1}{n}$ exprime la valeur de l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air.

Les savants modernes ont déterminé avec une précision remarquable l'indice de réfraction des différents corps solides, liquides ou gazeux : mais l'examen des méthodes ingénieuses qu'ils ont employées étant du ressort de la physique pure, nous devons négliger cette étude.

On démontre, par des considérations fort simples sur les indices de réfraction, que, si un rayon de lumière pénètre dans un milieu réfringent à faces parallèles, il sort de la seconde face parallèlement à lui-même. Si les faces du milieu réfringent présentent une certaine inclinaison, la direction du rayon émergent ne sera plus parallèle à celle du rayon incident : l'angle formé par eux est ce qu'on nomme leur *déviation.*

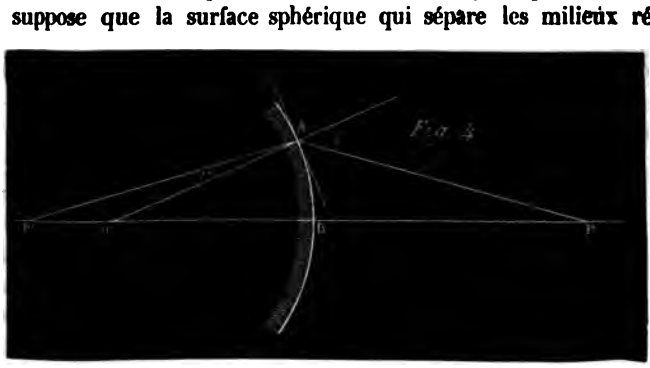
L'étude des déviations, leurs relations avec l'angle formé par les faces qui terminent les milieux réfringents, constituent la théorie des prismes. Nous aurons plus tard à examiner certains phénomènes physiques qui accompagnent la réfraction produite par ces appareils.

Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes.

Les surfaces courbes qui terminent certains milieux réfringents pouvant être considérées comme formées par un nombre infini de plans, les lois de Descartes régissent encore la marche des rayons qui s'y réfractent en y pénétrant. La production des caustiques par réfraction, celle des foyers et des images, tiennent à des causes analogues à celles que nous avons énoncées pour la réflexion.

Avant de donner succinctement les faits principaux de la théorie des lentilles, nous allons chercher la marche d'un pinceau lumineux pénétrant dans un milieu réfringent, indéfini, terminé par une surface courbe sphérique.

Si l'on suppose que la surface sphérique qui sépare les milieux réfringents



est AB (fig. 4) ; que les rayons incidents émanés d'un point P situé sur l'axe sont peu inclinés par rapport à cette ligne, on démontre que la relation qui existe

entre la courbure de la surface, la distance du point de radiation et celle du foyer, s'exprime par la formule suivante :

$$p' = \frac{nrp}{p(n-1)-r}, \qquad \text{(a)}$$

n étant l'indice de réfraction du premier milieu par rapport au second ; p, la distance du point radieux P ; p', la distance du foyer P' à la surface du milieu réfringent ; r, le rayon de la courbure.

La discussion fort simple de la formule (a) prouve que, pour certaines valeurs particulières attribuées à p, la position du foyer p' présente des variations qu'il est aisé de vérifier par l'expérience. C'est ainsi que, si le point P se trouve placé sur l'axe à la distance focale principale, les rayons réfractés seront parallèles ; que, s'il est plus rapproché encore de la surface, les rayons réfractés seront divergents dans l'intérieur du milieu.

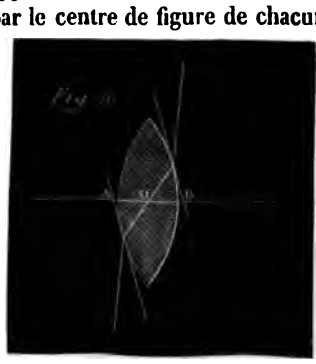
On démontre encore que, dans le cas où la concavité de la surface qui sépare les deux milieux est dirigée vers celui dont l'indice de réfraction est le plus faible, c'est-à-dire vers le point radieux, la valeur de p' est toujours négative ; en d'autres termes, que la divergence des rayons est constamment augmentée et le foyer toujours imaginaire.

Des lentilles.

Les lentilles sont des milieux transparents à surfaces courbes, taillés de façon à rassembler ou à disperser les rayons de lumière qui les traversent.

Ces appareils présentent, en général, la forme d'un disque circulaire et sont terminés au moins par une surface courbe. Les lentilles sphériques de verre ou de cristal, presque les seules usitées, sont tantôt *biconvexes* ou *biconcaves*, tantôt *plan-convexes* ou *plan-concaves :* en un mot, les rapports des rayons de courbure de leurs deux surfaces sont très variables.

L'*axe* est une droite indéfinie que l'on suppose traverser la lentille normalement à ses deux faces de terminaison. Il est évident que, dans le cas où les courbures sont sphériques, les centres des sphères auxquelles les deux surfaces de la lentille appartiennent se trouvent sur l'axe. La lentille est bien centrée, quand l'axe passe par le centre de figure de chacune des faces.



Centre optique. — Pour toutes les lentilles, il existe un point remarquable par ses propriétés, que l'on nomme *centre optique.* Tout rayon incident qui, par la réfraction qu'il éprouve à la première face d'une lentille, reçoit une direction telle qu'il passe par le centre optique, sort de la lentille parallèlement à lui-même.

Examinons le cas très simple d'une lentille biconvexe dont les rayons de courbure sont égaux (fig. 5). Le point O étant le milieu de la ligne AB qui mesure son épaisseur, toute ligne droite passant par O rencontrera nécessairement les deux côtés de la lentille en des points où les éléments plans sont parallèles. Un rayon amené par la réfraction à suivre la direction de l'une de ces lignes se trouvera dans le cas de celui qui traverse une glace à faces parallèles ; il émergera parallèlement à la direction

aces est dans le rapport même des rayons de courbure. Il est certains cas, le centre optique devra se trouver hors de la lens sur l'axe optique.

econdaire ou oblique toute droite indéfinie ayant une inclinaison pport à l'axe, et passant par le centre optique. Nous avons vu mière passant par le centre optique d'une lentille sort parallè-: il est permis, à cause de la faible épaisseur des lentilles, de n comme sensiblement rectiligne, et comme se confondant avec

mière dans les lentilles sphériques.

er une idée de la marche que suit la lumière en traversant les lens les avons définies, considérons le cas d'une lentille biconvexe cour-x, et ormé e par , si-cipal, tance

éma-eront

BL', prenons-en un au hasard.

incident ; l'angle qu'il forme avec la normale NC', au point N = i ; en passant de l'air dans le verre, le rayon se rapprochera ire et suivra la direction II', en faisant un angle r tel que l'on

tant l'indice de réfraction du verre par rapport à l'air. Le

En considérant l'épaisseur de la lentille comme une quantité négligeable, par rapport à la distance du foyer au point lumineux, et relativement à la grandeur des rayons de courbure des lentilles, les physiciens ont trouvé une formule très simple pour exprimer les relations qui existent entre les foyers conjugués des lentilles biconvexes. Ils admettent que l'on considère seulement la marche des rayons rapprochés de l'axe, c'est-à-dire de ceux qui n'ont qu'un faible degré de divergence.

En posant, dans le cas le plus général, les distances de A et de A′ à la lentille égales à F et F′, n étant l'indice de réfraction, R et R′ les rayons de la première et de la seconde face, on a la formule suivante :

$$\frac{1}{F} + \frac{1}{F'} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'}.$$

La discussion de cette équation permet de reconnaître que, si les rayons incidents sont parallèles, la position de leur foyer est invariable pour chaque lentille. Le lieu de leur rencontre est ce qu'on nomme le *foyer principal*.

Dans le cas où le point lumineux est situé sur l'axe à une distance moindre que l'infini et plus grande que la longueur focale principale, il y a formation d'un foyer réel qui s'éloigne d'autant plus de la lentille que la source de lumière s'en rapproche davantage.

Si le point lumineux se trouve placé au foyer, la rencontre des rayons ne s'opère qu'à l'infini, c'est-à-dire qu'ils sont rendus parallèles.

Lorsque la source lumineuse est comprise entre le foyer principal et la lentille, les rayons, en sortant de cette dernière, sont divergents, et le foyer devient virtuel.

Pour arriver à la théorie des images que les objets présentant une certaine étendue forment au moyen des lentilles biconvexes, il faut chercher la position du foyer des rayons envoyés par un point lumineux situé hors de l'axe, mais à une petite distance de cette ligne.

On démontre que la relation qui existe entre les distances de ces lieux se détermine au moyen de considérations fort simples sur le centre optique, par rapport aux axes secondaires que nous avons déjà définis.

Un objet ayant une étendue appréciable, mais qui sera assez petit ou placé assez loin d'une lentille pour que la distance qui sépare ses points du centre optique puisse être considérée comme étant peu différente pour chacun d'eux, formera une

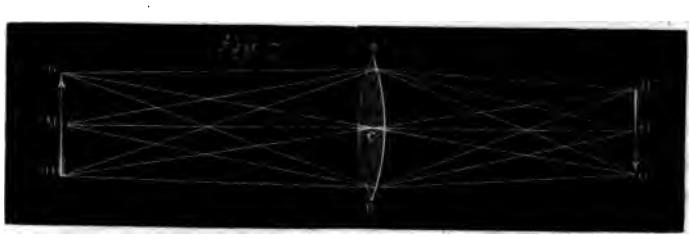


image nette par réfraction. On voit (fig. 7) la marche des pinceaux émanés de divers points d'un objet dans l'intérieur d'une lentille biconvexe.

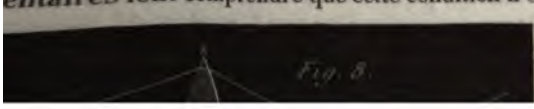
La théorie et l'expérience prouvent que l'image ainsi obtenue au moyen d'une lentille biconvexe est renversée, et a une étendue très petite, si l'objet est placé à une grande distance. L'image renversée croît en grandeur à mesure que l'objet se rapproche du foyer principal de la lentille, et là elle atteint son maximum d'étendue.

ogie avec celle des milieux de l'œil qui sont l'objet de notre

imple que de vérifier par l'expérience les divers résultats indi-
et déjà énoncés plus haut. Il suffit d'avoir à sa disposition une
de se servir de la flamme d'une bougie comme source lumineuse.
e forment peuvent être recueillies sur une feuille de papier ou
rre dépolie.
que les images, au foyer des lentilles, ont une très grande net-
e l'écran, sur lequel elles se projettent, perpendiculairement à
Il est aisé de voir aussi que ces images sont planes ; ce der-
quel l'expérience, même quand on la fait avec des conditions
euses, ne laisse aucun doute, a été attaqué par quelques physi-
qui ont soutenu l'opinion que nous énonçons, se fondant sur
ions mathématiques, pensent que l'image se forme sur une sur-
mètres distingués ont réfuté cette opinion, sur laquelle l'expé-
s de s'arrêter.

héricité.

ici considéré les lentilles comme des appareils optiques capa-
images d'une grande perfection : le fait n'est pourtant pas
uses tendent à nuire à la pureté des effets qu'elles produisent.
rès ce que nous avons dit précédemment, que la condition
e image ait de la netteté, c'est que tous les rayons lumineux
points d'un objet viennent concourir en un même foyer. Or,
entaires font comprendre que cette condition n'est pas rem-



celui des précédents, sortent avec une convergence plus forte, et leur foyer f' se trouve entre celui des rayons centraux et la lentille. Cette cause d'imperfection des images obtenues par réfraction constitue l'*aberration de sphéricité*. C'est une conséquence nécessaire de la courbure sphérique.

Certaines dispositions ont permis aux opticiens de corriger l'aberration de sphéricité : les lentilles dans lesquelles on a fait disparaître cette cause d'imperfection sont nommées *aplanétiques*.

Dans la plupart des instruments d'optique où l'on se sert de lentilles, on se borne, pour détruire l'aberration de sphéricité, à arrêter les rayons les plus divergents qui tomberaient sur les bords. Il est évident que ce procédé est bien grossier, et qu'il ne remplit qu'imparfaitement le but qu'on se propose, puisqu'il ne donne de la netteté aux images qu'en leur enlevant une partie de leur éclat.

Nous verrons la disposition admirable de la lentille cristalline, et le moyen employé par la nature pour obvier à l'inconvénient indiqué.

Dispersion de la lumière et phénomènes qui s'y rapportent.

Lorsqu'un pinceau lumineux traverse un milieu réfringent terminé par deux surfaces non parallèles, nous avons reconnu qu'il est dévié de sa direction primitive. Un effet non moins important à signaler se produit constamment dans les mêmes circonstances : le faisceau de lumière blanche paraît se décomposer en une série de pinceaux élémentaires présentant des couleurs variées.

Cette observation permet de constater que la lumière blanche n'est pas homogène, qu'elle est composée d'un grand nombre de rayons élémentaires doués de réfrangibilités différentes. Le dédoublement de la lumière blanche, par l'influence du prisme, constitue la *dispersion de la lumière*, étudiée d'abord par Newton, qui en détermina les lois.

Nous citerons quelques expériences qui ne laissent aucun doute sur l'inégale réfrangibilité des rayons diversement colorés. Une de ces expériences consiste à disposer sur une même ligne horizontale une série de bandes de papier présentant plusieurs couleurs : si l'on examine cette ligne à travers un prisme de verre, on trouve que les portions offrant des teintes différentes, au lieu d'être placées sur le prolongement d'une même droite, occupent des hauteurs plus ou moins grandes. Les rayons de couleurs dissemblables sont donc, comme cette expérience le prouve, déviés avec une énergie variable.

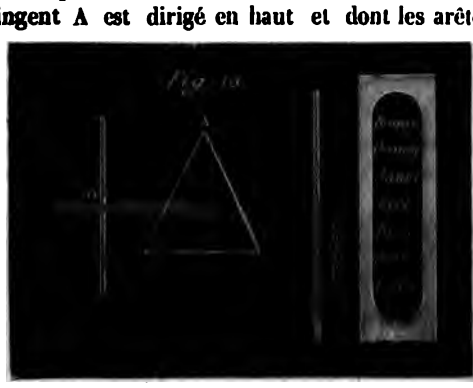
La même vérité se démontre à l'aide d'une observation aussi facile que la précédente. On divise, par un diamètre, un disque circulaire en deux moitiés égales

:n rouge et l'autre en bleu ; puis on trace, à leur surface, des
fins et séparés par les mêmes intervalles. Lorsqu'on cherche
e lentille biconvexe les lignes tracées sur chacun des seg-
ılles apparaissent, avec leur plus grande netteté, à une dis-
· le bleu que pour le rouge. Les conclusions de cette expé-
ı que dans le cas précédemment étudié.

l'une manière plus directe la composition d'un pinceau de
ous reste à exposer les moyens d'analyser un faisceau de lu-
recomposer ultérieurement de la lumière blanche au moyen
res isolés.

d'un faisceau de lumière solaire s'opère facilement au moyen
ordinaire ou de cristal. Le phénomène que l'on observe est
de l'optique.

rture circulaire O, pratiquée au volet d'une chambre obscure,
troit faisceau de rayons parallèles réfléchis dans une direction
ı d'un héliostat. A peu de distance de cette ouverture est dis-
: l'angle réfringent A est dirigé en haut et dont les arêtes
: prisme se
des rayons



:cran blanc
derrière le
ıon pas une
blanche,
:u sans l'in-
ieu réfrin-
ge allongée
vives cou-
tre solaire.

mène d'une haute importance au point de vue physique: c'est que, dans chacune des teintes, il existe des espaces linéaires complétement obscurs, irrégulièrement distribués, mais en très grand nombre. Ce sont les *raies du spectre* dont la découverte appartient à Fraüenhofer.

La couleur des rayons lumineux n'étant pas susceptible de définition et se rapportant seulement à une affection spéciale du *sensorium*, il est permis de conclure des résultats que nous venons de faire connaître, que tout faisceau de lumière blanche est toujours composé d'une infinité de rayons élémentaires doués de réfrangibilités différentes. Or ces rayons inégalement réfrangibles ont la propriété d'ébranler d'une manière spéciale la membrane nerveuse qui tapisse le fond de l'œil, et de transmettre à l'encéphale les diverses sensations correspondantes à chacune des portions du spectre.

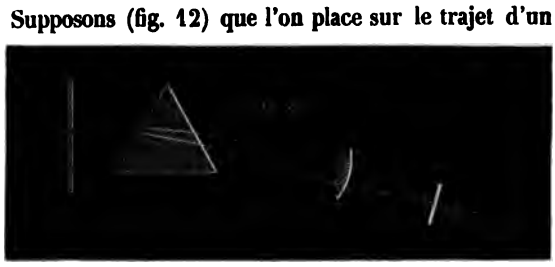
Il s'agit maintenant de démontrer comment, avec les rayons élémentaires, on peut recomposer de la lumière blanche. Plusieurs expériences ont été instituées pour mettre cette vérité en évidence.

Le procédé le plus simple qui se présente à l'esprit consiste à faire passer le faisceau de rayons dispersés par un premier prisme à travers un second de même substance, dont l'angle réfringent est égal à celui du premier et inversement dirigé.

Les rayons dispersés par le premier prisme, en se réfractant à travers le second, reçoivent une direction telle que leur parallélisme est rétabli. Si l'on projette le pinceau lumineux sur un écran blanc (fig. 11), au lieu d'un spectre on reçoit une image circulaire et parfaitement blanche.

Il est permis de conclure de cette première observation que, pour recomposer de la lumière blanche avec les rayons simples, il suffit de leur donner à tous la même direction. Nous allons voir, par quelques expériences, que l'on peut arriver au même résultat en faisant concourir en un même point les diverses couleurs élémentaires.

Supposons (fig. 12) que l'on place sur le trajet d'un faisceau de lumière dispersé par un prisme une lentille biconvexe. La convergence imprimée aux différents rayons simples par le milieu réfringent qu'ils pénètrent sera telle que tous passeront par une surface peu étendue qui est le foyer de la lentille. Or, si l'on place à ce foyer un petit écran de papier ou de verre dépoli, on trouve une petite image circulaire, blanche surtout à la partie centrale. En deçà et au delà du foyer, les couleurs primitives paraissent de nouveau, parce que tous les rayons ne concourent pas au même point ou bien ont des directions différentes.



On peut arriver à un résultat identique en faisant tomber sur un miroir concave le

pinceau dispersé par un prisme, et constater que l'image focale est parfaitement blanche.

Pour compléter les preuves à l'appui de la proposition énoncée, il existe une dernière expérience à connaître; mais, pour faire comprendre parfaitement les résultats qu'elle fournit, nous devrons donner, après son exposition, quelques développements sans lesquels elle serait tout à fait inexplicable.

Un disque circulaire de carton blanc est partagé en sept secteurs, dont les surfaces sont proportionnelles à l'étendue que chacune des couleurs occupe dans le spectre, et chacun de ces secteurs est recouvert des teintes primitives, d'après l'ordre qu'elles affectent dans le spectre solaire lui-même.

Si, au moyen d'un axe perpendiculaire au plan du disque, on imprime à celui-ci un mouvement de rotation assez rapide, on ne distingue plus aucune des couleurs, mais on a la sensation d'une surface circulaire blanche.

Cette expérience, nous l'avons dit, a besoin d'être interprétée. Ici la rencontre des rayons de différentes teintes, en un même point, ne s'opère que dans l'œil, mais elle ne peut être que successive. Comment la sensation de la lumière blanche peut-elle provenir d'une succession d'impressions qui devraient faire naître la notion des couleurs? Pour arriver à comprendre ce phénomène, il faut, par anticipation, énoncer un fait sur lequel nous aurons occasion de revenir : c'est que toute sensation lumineuse a dans l'œil une certaine durée. Si le mouvement de rotation du carton peint est assez lent pour que la sensation produite par chacun des secteurs ait le temps de disparaître, lorsque l'image du suivant arrive au même point de la rétine, toutes les couleurs sont perçues séparément. Mais, quand le nombre des tours est assez grand pour que la dernière image se peigne sur la rétine avant que la sensation produite par la première ait cessé, on a, pendant la durée d'une sensation, une même surface ébranlée par les sept couleurs primitives à la fois; de là naît encore la perception de la lumière blanche, comme dans le cas où les sept rayons élémentaires viennent se peindre en concourant sur les mêmes points d'un écran. On ne peut aller plus loin dans l'explication du fait qui vient d'être exposé, ni dire comment s'opère cette mystérieuse transformation des couleurs en une teinte unique.

Les divers rayons primitifs, en se combinant en nombre quelconque, donnent lieu à des teintes composées, variables à l'infini, suivant la proportion de chacune des couleurs élémentaires.

Quoique l'habitude nous fasse prévoir presque instinctivement quel sera le résultat du concours, en un même point, de deux ou de plusieurs rayons élémentaires, il est vrai de remarquer que nous ne saurions, en général, donner le motif de nos prévisions.

Newton a laissé aux physiciens une règle empirique qui permet de déterminer, avec une approximation très satisfaisante, la couleur composée produite par la réunion d'un nombre quelconque de couleurs prismatiques. Malgré un grand nombre de recherches sur la marche qu'a dû suivre ce physicien dans la découverte de la construction géométrique que nous allons faire connaître, il est généralement admis qu'on ignore complétement les idées qui l'ont dirigé.

La circonférence d'un cercle r, v, j, v, b, i, v (fig. 13), est partagée en sept

mène d'une haute importance au point de vue physique des teintes, il existe des espaces linéaires complétement distribués, mais en très grand nombre. Ce sont les *rai* verte appartient à Fraüenhofer.

La couleur des rayons lumineux n'étant pas susce portant seulement à une affection spéciale du *sensori* des résultats que nous venons de faire connaître. blanche est toujours composé d'une infinité de ra frangibilités différentes. Or ces rayons inégalem d'ébranler d'une manière spéciale la membran l'œil, et de transmettre à l'encéphale les diverse cune des portions du spectre.

Il s'agit maintenant de démontrer comme peut recomposer de la lumière blanche. Pl pour mettre cette vérité en évidence.

Le procédé le plus simple qui se présen faisceau de rayons dispersés par un premi substance, dont l'angle réfringent est dirigé.

Les rayons dispersés par le premier reçoivent une direction telle que leu pinceau lumineux sur un écran blanc

de leur donner à tous la mê riences, que l'on peut arrive point les diverses couleurs

Supposons (fig. 12) que

peu étendue qui est de papier ou de ve tout à la partie c raissent de nouve ou bien ont des

On peut arri

...n du ...ajours, ...e teinte d ...n point de ...si l'on mène pa ...ncontre indique

...nt il est d'ailleurs fa ...ées.

...du à la physique d ... réfraction des différ ... on l'avait fait jusqu'

...dire sur la dispersion e ...leur dont il est souvent ...ent plus ou moins la lumièr ...ecute d'elles. Le coefficie ...que la différence qui existe ...ses : une dans le rouge, l'a

...de Newton, l'achromatis ...impossible. Cet illustre géomè ...remède à la réfraction. D ...ux réfringents, elle peut ...rayons émergents soi

...par Newton, et, se fo

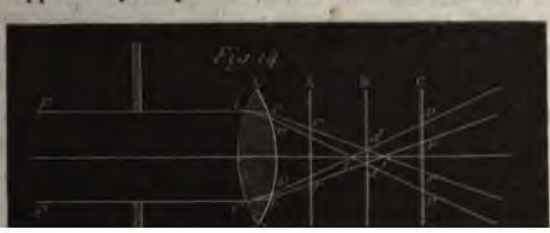
olide, l'autre était formé par un liquide compris entre
, dont l'angle dièdre pouvait varier et dont les faces étaient

le de ce procédé, un faisceau émergent qui donne une image
ı et conserve une inclinaison notable par rapport aux rayons
atisme est donc possible, et la condition nécessaire pour l'ob-
passer le rayon lumineux à travers deux prismes inversement
les réfringents et le coefficient de dispersion soient tels que le
oit dévié, et que tous les rayons primitifs soient parallèles entre
système.

ıts sont destinés à faire comprendre ce qui nous reste à dire
aire à l'intelligence de quelques parties de la théorie optique de
lons parler de l'*aberration de réfrangibilité*.

ticulaires déjà étudiés antérieurement sont en effet, d'après
bles à des prismes dont l'angle réfringent est différent à partir
bords. Les lentilles ont donc aussi la propriété de disperser la
emps qu'elles la réfractent ; de là naît une imperfection grave
os il a été impossible de remédier. Il est facile d'expliquer les
oration qu'elles produisent en tenant compte des considérations

faisceau *pp* de rayons parallèles tombant à la surface d'une
LL' ;
inci-
le se
e *pi*,
acun
taires
ré-



uns des rayons nécessaires pour donner la sensation de la lumière blanche manquent constamment.

C'est ce qu'on reconnaît en plaçant successivement sur le trajet du faisceau réfracté des écrans blancs et opaques en A, B, C. On obtient ainsi, en A, une surface circulaire blanche, bordée de franges colorées, et dont la bande extrême est d'un rouge pur. En C, c'est encore un cercle blanc, mais terminé par une circonférence violette. L'image reçue en B est la moins étendue et la plus lumineuse; les bandes terminales sont beaucoup plus étroites, et les plus petits déplacements de l'écran suffisent pour faire changer leurs teintes.

Tel est le phénomène désigné par le nom d'aberration de réfrangibilité. Il n'est pas besoin de beaucoup de réflexion pour comprendre que c'est là une source considérable d'imperfection dans les images obtenues au foyer des lentilles.

Le but de l'achromatisme est de trouver un moyen de faire disparaître ce défaut des appareils lenticulaires, c'est-à-dire d'amener à un même foyer les rayons de toutes les teintes primitives.

Dès que le procédé employé pour achromatiser un prisme est connu, on doit voir la possibilité de rendre une lentille achromatique par un moyen analogue. Une lentille biconvexe (fig. 15) étant donnée, pour arriver à la rendre achromatique il faut lui accoler une lentille biconcave d'un rayon de courbure convenable et dont la nature physique soit telle qu'avec un pouvoir réfringent presque identique, elle ait un coefficient de dispersion très

différent. C'est ainsi que l'on achromatise une lentille biconvexe de flint-glass au moyen d'une lentille biconcave de crown-glass. Les opticiens obtiennent les rayons de courbure convenables par le tâtonnement; mais il serait facile de les déduire du calcul, en posant comme condition du problème que les rayons rouge et violet convergeassent sur l'axe en un même point focal.

En effet, soient R et R′ les rayons de courbure de la lentille biconvexe : l'un des rayons de la lentille biconcave sera R′, l'autre que l'on cherche sera x. D'après la formule des lentilles, donnée précédemment, la distance focale principale a de la première lentille sera :

$$\frac{1}{a}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'},$$

en prenant n pour valeur de l'indice de réfraction des rayons rouges dans le flint; a', distance focale principale de la lentille biconcave, sera

$$\frac{1}{a'}=\frac{n'-1}{R'}-\frac{n'-1}{x},$$

n' étant l'indice de réfraction des rayons rouges dans le crown-glass.

A, distance focale principale du système géminé, sera exprimé par la formule :

$$\frac{1}{A}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'}-\left(\frac{n'-1}{R'}+\frac{n'-1}{x}\right).$$

Pour que l'achromatisme subsiste, il faudra que la distance focale A des deux lentilles ne subisse aucune variation, si au lieu de n et n' on introduit dans la formule l'indice de réfraction des rayons violets pour le flint et le crown. Or, la valeur de cette quantité est exprimée par $(n + dn)$ pour le premier milieu réfringent, et $(n' + dn')$ pour le second; en considérant dn et dn' comme les coefficients de dispersion de chacune des substances, on voit, en faisant le calcul, qu'on arrive à l'équation suivante :

$$\frac{1}{A} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'} - \left(\frac{n'-1}{R'} + \frac{n'-1}{x}\right) + dn\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) - dn'\left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right).$$

Il en résulte que la valeur de A ne subit pas de variation dans le cas seulement où l'on a :

$$dn\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) = dn'\left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right).$$

La condition de l'achromatisme du système composé est donc que l'on ait, entre les rayons de courbure des lentilles et leur coefficient de dispersion, la relation :

$$\frac{dn}{dn'} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) : \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right).$$

L'achromatisme obtenu par les moyens que nous venons de faire connaître suffit généralement aux besoins des arts. Il faut remarquer toutefois que les rayons rouge et violet, étant seuls amenés à la coïncidence, les rayons intermédiaires peuvent encore donner des teintes beaucoup moins apparentes, à la vérité, mais qui sont l'origine des couleurs connues sous le nom de *spectres secondaires*.

Des couleurs. — On a déjà vu que tout faisceau de lumière blanche est constitué par la réunion de rayons diversement réfrangibles. Les expériences précédentes ont prouvé également que chacun de ces rayons a la propriété de faire naître, dans l'appareil visuel, des sensations spéciales dites sensations des *couleurs*.

Mais il importe de faire observer que la coloration des corps de la nature n'a pas toujours une origine dérivant de la réfraction. Ces corps sont, en effet, tantôt opaques, tantôt transparents ; mais, quel que soit leur degré d'opacité, il faut toujours admettre qu'ils laissent passer la lumière dans une portion de la couche qui les limite, quelque mince qu'on la suppose.

Toutes les matières non lumineuses par elles-mêmes, lorsqu'elles sont éclairées par la lumière blanche, ne laissent pas pénétrer dans l'œil, soit par transparence, soit par réflexion, tous les rayons qui leur arrivent : toutes absorbent une proportion plus ou moins forte de ces derniers.

Si le corps opaque paraît blanc, si le corps translucide paraît incolore, il faut en conclure que l'absorption porte également sur les rayons de toutes les réfrangibilités. Mais, dans la majorité des cas, il n'en est point ainsi, et les diverses substances offrent une coloration plus ou moins prononcée.

On se rend compte de ce phénomène, en admettant que le coefficient d'absorption n'est pas le même pour les rayons de différentes réfrangibilités. La matière que l'on examine se peint dans l'œil, par réflexion ou par transparence seulement, au moyen des rayons qui n'ont pas été absorbés.

Si l'on suppose un fragment de verre transparent, d'un rouge aussi pur que celui du spectre, il faudra nécessairement admettre qu'il a la propriété d'absorber complétement les rayons des six autres teintes primitives, et de laisser passer seulement la couleur la moins réfrangible. Mais ce cas est jusqu'ici purement hypothétique et les teintes des corps de la nature, quelque pures qu'elles nous paraissent, ne sont jamais que le résultat de la sensation produite par le rayon dominant. On peut toujours, en faisant passer un rayon de lumière blanche à travers un de ces verres et l'analysant par le prisme, trouver que, outre la couleur dominante, il passe d'autres couleurs appartenant à des rayons doués d'une autre réfrangibilité.

Il est facile de faire l'application de ces principes à tous les corps. La plupart des matières pigmentaires, que l'on trouve accumulées dans diverses parties des animaux, nous présentent une variété infinie de coloration due à des phénomènes de cet ordre. Faisons observer toutefois que ce que l'on nomme généralement la couleur noire n'est, en dernière analyse, que le résultat de l'absorption totale des rayons lumineux ; d'où naît la sensation spéciale due au repos absolu de la totalité ou de quelques-unes seulement des parties de la membrane sensible qui tapisse l'appareil oculaire. Quelques-uns des pigments qui entrent dans la composition de nos tissus étant noirs, le pigment choroïdien par exemple, nous devons en conclure que les molécules organisées qui les constituent ont la propriété d'absorber tous les rayons lumineux qui les pénètrent. Bien que cette absorption totale ne se réalise jamais, il est pourtant vrai de dire que le coefficient d'absorption de ces matières est quelquefois si élevé que, sous une épaisseur même peu considérable, elles arrêtent complétement la transmission de la lumière ou annihilent sa réflexion.

Outre les phénomènes de coloration qui ont pour cause la dispersion et l'absorption, il en est quelques autres qui, par leur origine, se rattachent à la théorie des interférences. L'étude de cette partie de la physique se rapporte à une des théories les plus délicates de l'optique : son importance ici est d'ailleurs trop faible pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter ; nous nous contenterons de dire que la coloration si brillante des élytres de quelques insectes, celle de la nacre de perle, des ailes de quelques oiseaux, la teinte éclatante du *tapis* de quelques mammifères, reconnaissent cette origine et ne tiennent pas à l'existence de pigments spéciaux, mais à une structure finement striée, analogue à celle des appareils connus en optique sous le nom de *réseaux*.

Telles sont les notions générales sur la lumière qu'il nous a paru indispensable de rappeler sommairement, avant d'aborder l'histoire du sens de la vue.

CONDITIONS DE LA VISION EN GÉNÉRAL.

L'étude anatomique des appareils optiques dans la série animale, en faisant passer en revue des organes qui sont en quelque sorte élémentaires chez les êtres inférieurs, et qui prennent un degré de complication et de perfection croissant à mesure que l'on s'élève dans l'échelle, est le moyen le plus convenable pour bien saisir les conditions indispensables à l'accomplissement de la fonction qui nous occupe.

Qu'on imagine une surface douée d'organisation et de sensibilité, surface qui sera plane, concave, ou convexe, et dépourvue de tout appareil optique propre à concentrer la lumière ; il est évident qu'avec de telles ressources un animal n'ar-

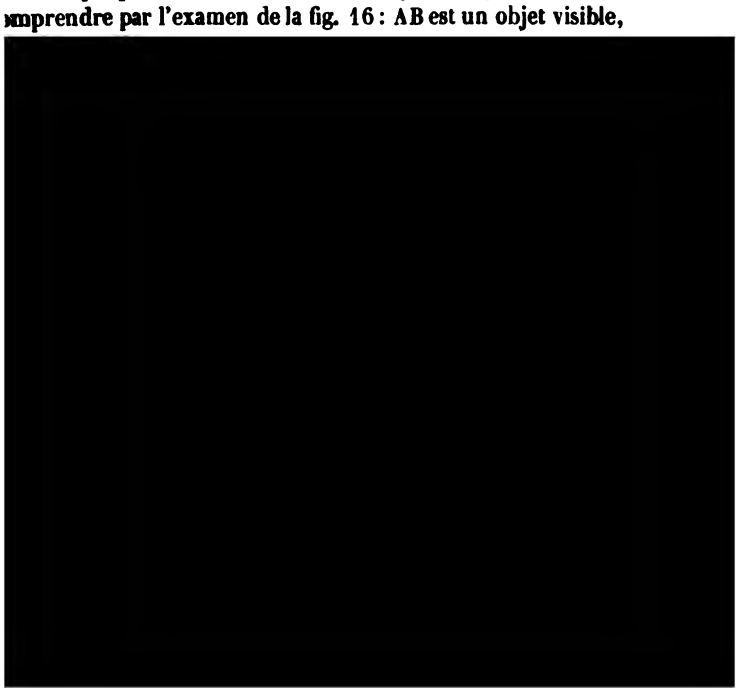
guer les ténèbres de la clarté. Il suffit, pour ne conserver l, de se rappeler quelques-uns des principes d'optique pré- n point lumineux, avons-nous dit, envoie des rayons dans donc, un nombre quelconque de points radieux sont placés ne, chacun ébranlera la surface sensible tout entière, puis- n d'élimination ou de concentration. De cette superposition dans chacun des points de la membrane nerveuse, résul- e sensation mixte, une sorte de résultante des composantes aque point, et tout se réduira à une perception lumineuse,

ésiter à admettre l'imperfection de la fonction visuelle dans ieurs, tels que les annélides des genres *Nereis*, *Sangui-* ent seulement des points oculaires, c'est-à-dire de simples ptique, disposées avec plus ou moins de symétrie à la sur- s, et accompagnées de substance pigmentaire.

te à son plus grand degré de simplicité. Si l'on voulait ici la nt, il faudrait dire qu'elle doit être considérée seulement recevoir la notion de l'intensité plus ou moins grande de la mme une faculté obtuse de percevoir les impressions lumi- le que nos téguments possèdent par rapport aux ébranle- radiation calorifique.

otions plus ou moins parfaites sur la forme des objets, d'après dient, plusieurs dispositions physiques peuvent être mises en onnerons quelques-unes.

n avant d'une membrane nerveuse analogue aux précédentes, e d'un petit orifice et situé à une certaine distance de sa sur- faible en intensité, mais suffisante pour donner une notion des corps, pourra résulter de cette simple interposition. C'est mprendre par l'examen de la fig. 16 : AB est un objet visible,



Supposons ces prismes disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe : avec un tel arrangement, tout point lumineux, placé en avant de l'appareil, enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes; mais ceux qui rencontreront ces prismes, avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois, avant de pénétrer jusqu'à la membrane sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur.

Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit, au moyen de tels appareils, en la comparant, soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Le moyen employé par la nature, pour donner à la vision le plus haut degré de perfection, consiste dans la production sur la membrane sensible d'images très pures, obtenues à l'aide d'un système d'appareils réfringents analogues aux lentilles dont nous avons donné la théorie.

L'exposition de la génération des images, dans l'œil humain, nous fournira l'occasion de traiter cette condition physique de la vision avec tous les développements convenables. Pour l'instant, bornons-nous à faire observer que si la vision au moyen d'appareils réfringents lenticulaires appartient aussi à une foule d'êtres placés aux degrés inférieurs de l'échelle (*mollusques*, *crustacés*, *arachnides*, etc.), la disposition imparfaite des diverses parties de leur organe visuel ne permet guère de croire que, pour la netteté et l'étendue, leur vue soit comparable à celle des animaux supérieurs.

THÉORIE DE L'ŒIL.

DE LA FORMATION DES IMAGES DANS L'ŒIL.

Plusieurs expériences démontrent que les objets extérieurs éclairés, placés en avant de l'œil, donnent au fond de cet organe des images faciles à observer.

Kepler (1) paraît être le premier qui ait indiqué le moyen de constater les images qui se peignent dans l'œil : ce moyen consiste à prendre celui d'un animal récemment tué, à en détacher avec soin tous les débris de tissus adhérents, puis à amincir la face postérieure de la sclérotique dans une étendue à peu près équivalente à celle de la cornée, dans un point diamétralement opposé à cette dernière. Si la ténuité de la membrane est suffisante, l'œil étant placé de façon que son axe antéro-postérieur soit horizontal, un observateur pourra voir sur la sclérotique

(1) *Astronomia* (pars optica), 1604.

le que nous aurons ultérieurement occasion de faire con-

(2), Lecat (3) et les physiologistes de leur temps, se servaient,
rmation des images dans l'œil, d'un appareil sphérique dans
cristallin étaient représentés par des verres convenablement
rée et l'humeur aqueuse étaient remplacées par de l'eau. Ce
émonstration est tombé dans l'oubli.
au fond de l'œil, si l'on met en usage un procédé convenable,
sous plusieurs rapports. Les objets extérieurs y sont repro-
nsions fort réduites, mais avec une grande pureté; la colora-
l'intensité, y sont conservées de manière que les tableaux
obtient soient d'une merveilleuse perfection. L'image est ren-
que les parties inférieures de l'objet réel sont supérieures, et
parties droites sont reproduites à gauche et les gauches à droite :
l'on fait mouvoir un corps au-devant de l'œil, les mouvements,
ssent toujours inverses de ceux de l'objet.
ndie l'a fait, on cherche par l'expérience la relation qui existe
le l'image et la distance de l'objet, on s'assure que la dimension
ellement à la distance.
staté l'existence des images sur la rétine, il est nécessaire de
le l'action des parties du globe oculaire qui concourent a leur

r ici dans la description anatomique de l'œil, que je suppose être
. Aussi me bornerai-je à indiquer tout d'abord quelques faits et
qui ont de l'importance au point de vue de la physiologie et de

les milieux réfringents de l'œil ont été déterminées avec beau-
quelques observateurs. Ces mesures, pour être faites avec exac-

tallin, nous allons faire connaître les dimensions des diverses parties du globe oculaire telles que Krause les a indiquées, d'après des mesures prises sur deux yeux humains considérés comme types.

Dimensions principales des diverses parties de l'œil, d'après KRAUSE.

INDICATIONS DIVERSES.	ŒIL N° 1. Millimètres.	ŒIL N° 2. Millimètres.
1° *Dimensions du globe oculaire.*		
Diamètre dirigé dans le sens de l'axe optique. .	23.6111	25.2314
Diamètre horizontal perpendiculaire à l'axe optique.	25.0000	26.0416
Diamètre vertical.	23.3796	25.0000
2° *Épaisseurs dans la direct. de l'axe optique.*		
Cornée transparente.	1.1574	0.9259
Humeur aqueuse.	2.5463	2.7778
Cristallin.	7.1759	4.6296
Corps vitré.	11.1111	15.3935
Rétine et choroïde.	0.2315	0.2315
Sclérotique.	1.3889	1.2731
Totaux.	23.6111	25.2314
3° *Épaisseurs des diverses parties du cristallin* (1).		
Couche molle antérieure.	2.0833	2.0833
Couche moyenne antérieure.	1.2732	»
Noyau.	2.0833	2.0833
Couche moyenne postérieure.	1.0417	»
Couche molle postérieure.	0.6944	0.4630
Totaux.	7.1759	4.6296
4° *Dimensions diverses.*		
Diamètre du cristallin.	9.2593	9.4907
Diamètre du trou du nerf optique dans la choroïde.	2.0830	»
Hauteur de l'éminence du nerf optique sur la rétine.	0.6944	0.4630
Distance comprise entre le point central de cette éminence et l'extrémité de l'axe optique sur la choroïde.	3.4722	3.7037
Distance de la partie antérieure de la cornée à l'iris.	3.4722	3.2407
Diamètre de la pupille.	4.8611	4.1667

Des courbures des milieux réfringents de l'œil. — Chossat (2) a indiqué un moyen simple pour déterminer les courbures de la cornée et du cristallin : ce

(1) On n'a pas trouvé dans l'œil n° 2 la couche de moyenne consistance que présentait l'œil n° 1.
(2) *Annales de chimie et de physique*, année 1819, t. X, p. 337.

moyen consiste à chercher plusieurs points de ces courbes à l'aide de leurs coordonnées, et à essayer, par le tâtonnement, quelle est la section conique qui passe le plus exactement par ces points.

La courbe de chaque surface réfringente étant nécessairement l'intersection de cette surface et d'un plan qui passe par l'axe optique, cet axe doit être pris pour l'un des axes ox, oy, des abscisses ou des ordonnées; le point A correspondant de la courbe est un des sommets de la section conique que l'on veut trouver.

Je n'entrerai dans aucun autre détail sur les procédés purement physiques ou mathématiques qui conduisent aux résultats cherchés, me bornant à faire connaître les valeurs obtenues par Krause (1) sur deux yeux humains aussi bien conservés que possible: x représente les abscisses, et y les ordonnées des courbes; elles sont exprimées en millimètres:

INDICATIONS DES SURFACES.	ŒIL N° 1.			ŒIL N° 2.		
	x millim.	y millim.	y' millim.	x millim.	y millim.	y' millim.
Surfaces antérieure et postérieure de la cornée.	0.0000	3.4722	2.3148	0.0000	3.5648	0.1389
	1.1574	3.3565	2.1991	1.7361	»	2.2454
	2.3148	3.1250	1.8519	2.3148	»	2.0833
	3.4722	2.7778	1.3889	2.8935	»	1.8519
	4.6296	2.3148	0.6944	3.4722	2.9167	1.6204
	Nota. Les valeurs de y et y' qui manquent pour l'œil n° 2 n'ont pu être observées.			4.0509	2.7083	1.2732
				4.6296	2.4074	0.9722
				5.2083	2.1759	»
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin.	0.0000	3.0093	4.1667	0.0000	1.9676	2.6620
	1.1574	2.8704	3.9352	1.1574	1.8981	2.5463
	2.3148	2.5463	3.4722	1.7361	1.8287	2.3843
	3.4722	1.7361	2.5463	2.3148	1.6898	2.1528
	»	»	»	2.8935	1.5046	1.8519
	»	»	»	3.4722	1.2732	1.5046
	»	»	»	4.0509	0.8796	1.0880

		ŒIL N° 1. millim.	ŒIL N° 2. millim.
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin dépouillé de la couche molle.	*Nota.* La couche moyenne manquait dans l'œil n° 2.		
	Diamètre de la couronne.	7.4074	»
	Épaisseur de la demi-lentille antérieure.	2.0833	»
	Épaiss. de la demi-lentille postérieure.	2.3148	»
Surfaces antérieure et postérieure du noyau.	Diamètre de la couronne.	4.6296	6.0185
	Épaisseur de la demi-lentille supérieure.	0.9259	0.8565
	Épaiss. de la demi-lentille postérieure.	1.1574	1.2269

Krause et Vallée (1) ont trouvé que les valeurs inscrites dans ce tableau s'accordent avec les nombres qui conviennent à des courbes elliptiques, le demi-grand axe *a* correspondant au diamètre des couronnes lenticulaires, le demi-petit axe *b* étant placé dans la direction de l'axe optique. Voici le tableau qui indique leurs valeurs, tel qu'il a été calculé par Vallée (2) :

DÉSIGNATION DES SURFACES RÉFRINGENTES.	RAYONS *r* des courbes circulaires.	PARAMÈTRES *p* des courbes paraboliques.	DEMI-AXES des courbes elliptiq. *b* dirigé suivant l'axe optique.	DEMI-AXES des courbes elliptiq. *a* dirigé perpend. à l'axe optique.	Rayons de courbure au sommet, c'est-à-dire à l'extrémité de *a*. ŒIL N° 1.	Rayons de courbure au sommet, c'est-à-dire à l'extrémité de *a*. ŒIL N° 2.
	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
Antérieure de la cornée. . .	8.6806	»	»	»	+8.6806	»
	10.0750	»	»	»	»	+10.0750
Antérieure de l'hum. aqueuse.	»	13.0481	»	»	+6.5231	»
	»	14.2229	»	»	»	+ 7.1113
Antérieure du cristallin. . .	5.4838	»	»	»	+5.4838	»
	»	»	2.1991	4.7454	»	+10.2401
Antérieure de la couche moy.	»	»	2.0833	3.7037	+6.5833	»
	»	»	»	»	»	»
Antérieure du noyau.	»	»	0.9259	2.3148	+5.7870	»
	»	»	0.8565	3.0092	»	+10.5732
Postérieure du noyau. . . .	»	»	1.1574	2.3148	—4.6296	»
	»	»	1.2269	3.0092	»	— 7.3812
Postérieure de la couche moy.	»	»	2.3148	3.7037	—5.9259	»
	»	»	»	»	»	»
Postérieure du cristallin. . .	»	7.4262	»	»	—3.7130	»
	»	10.3982	»	»	»	— 5.1991

Indices de réfraction des milieux réfringents de l'œil.

Lorsque l'on veut construire géométriquement, avec toute la précision désirable, la marche d'un rayon de lumière à travers les milieux réfringents de l'œil, il est indispensable de connaître leurs indices de réfraction.

Cette détermination difficile, qui peut-être aurait besoin d'être reprise sur un grand nombre d'yeux, a été obtenue par Brewster (3) et Chossat (4).

Nous donnons, dans le tableau suivant, les valeurs des indices pour le rayon blanc, ou de réfrangibilité moyenne, passant du vide dans chacun de ces milieux :

(1) VALLÉE, *Théorie de l'œil*. Paris, 1843, p. 20.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) VALLÉE, *ouvr. cit.*
(4) *Loc. cit.*

NOMS DES SUBSTANCES.	INDICES D'APRÈS	
	Brewster.	Chossat.
Air	1.000	1.000
Cornée	»	1.330
Humeur aqueuse	1.337	1.338
Capsule cristalline	»	1.350
Couche extérieure du cristallin	1.377	1.338
Couche moyenne	1.379	1.395
Noyau	1.399	1.420
Corps vitré	1.339	1.339
Cristallin entier	1.384	»

Vallée (1) a calculé la valeur de l'indice de réfraction des divers milieux transparents de l'œil les uns par rapport aux autres, en se fondant sur les principes de l'optique. En effet, on sait que, si l et l' sont les indices de deux milieux, le rayon de lumière passant du vide dans chacun d'eux, on obtient l'indice N des deux substances entre elles, en divisant l' par l.

Les nombres qui expriment le rapport $N = \frac{l'}{l}$, constant pour deux milieux, ont été calculés par Vallée et réunis dans le tableau suivant :

(1) VALLÉE, *ouvr. cit.*

SURFACES RÉFRINGENTES. N°s des surfaces.		DÉSIGNATION des surfaces.	SUBSTANCES TRAVERSÉES dans chaque réfraction.		VALEUR DE $N = \frac{i'}{i}$	
ŒIL n° 1.	ŒIL n° 2.		1re substance.	2e substance.	ŒIL n° 1.	ŒIL n° 2.
1er Cas, où l'on considère les couches du cristallin.						
1	1	Antérieure de la cornée.....	Air.....	Cornée.....	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin.....	Humeur aqueuse...	Couche extérieure.....	$\frac{1.338}{1.338}=1.000$	$\frac{1.338}{1.338}=1.000$
4	»	Antér. de la couche moyenne..	Couche extérieure...	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
5	4	Antérieure du noyau.....	Couche moy.	Noyau.....	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.420}{1.338}=1.061$
6	5	Postérieure du noyau.....	Noyau.....	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.338}{1.420}=0.942$
7	»	Postér. de la couche moyenne..	Couche moy.	Couche extérieure...	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
8	6	Postér. du cristallin.....	Couche extérieure...	Corps vitré..	$\frac{1.339}{1.338}=1.001$	$\frac{1.339}{1.338}=1.001$
2e Cas, où l'on suppose le cristallin entier.						
1	1	Antérieure de la cornée.....	Air.....	Cornée....	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin.....	Humeur aqueuse...	Cristallin...	$\frac{1.384}{1.338}=1.034$	$\frac{1.384}{1.338}=1.034$
4	4	Postér. du cristallin.....	Cristallin...	Corps vitré.	$\frac{1.339}{1.384}=0.967$	$\frac{1.339}{1.384}=0.967$
3e Cas, où l'on considère la capsule et les couches du cristallin.						
1	1	Antérieure de la cornée.....	Air.....	Cornée.....	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.331}=1.00526$
3	3	Antér. de la capsule.....	Humeur aqueuse..	Capsule....	$\frac{1.350}{1.338}=1.009$	$\frac{1.350}{1.337}=1.00972$
4	4	Antér. du cristallin.....	Capsule....	Couche antérieure....	$\frac{1.338}{1.350}=0.991$	$\frac{1.377}{1.350}=1.02000$
5	»	Antér. de la couche moyenne..	Couche antérieure...	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
6	5	Antérieure du noyau.....	Couche moy.	Noyau.....	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.399}{1.377}=1.01598$
7	6	Postérieure du noyau.....	Noyau.....	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.377}{1.399}=0.98427$
8	»	Postér. de la couche moyenne..	Couche moy.	Couche postérieure..	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
9	7	Postérieure de la capsule.....	Couche postérieure..	Capsule....	$\frac{1.350}{1.338}=1.009$	$\frac{1.350}{1.377}=0.98039$
10	8	Postér. du cristallin.....	Capsule....	Corps vitré.	$\frac{1.339}{1.350}=0.992$	$\frac{1.339}{1.350}=0.99185$

e l'axe optique de l'œil, envoie des rayons dans toutes les
ui tombent sur la cornée forment un cône divergent dont
la base sur la cornée. La lumière, passant de l'air dans le
ssamment réfractée à cause de la différence de densité des
rtion des rayons arrive, en traversant l'humeur aqueuse, à
l'iris ; ils sont en partie absorbés par le pigment de cette mem-
échis par elle, et font connaître la coloration variable du dia-

nt reçu un degré suffisant de convergence pénètrent dans la
tribuent à la formation de l'image qui se peint au fond de l'œil ;
térieure du cristallin, leur convergence augmente, car l'indice
milieu est plus grand que celui de l'humeur aqueuse. La den-
roissant de la périphérie au centre, la marche d'un rayon ne
dans son intérieur, mais elle suit une ligne brisée ou courbe.
neux, en passant du cristallin dans l'humeur vitrée, que l'on
ment comme homogène, au point de vue optique, se réfractent
t une convergence sensiblement plus grande. Le faisceau co-
oint P, d'abord divergent, puis de plus en plus aminci, acquiert
énuité au sommet d'une surface aiguë que l'on compare à un
placé au-dessous de l'axe optique. Le point *p* est le foyer de P ;
rétine, ce dernier point sera perçu avec une grande netteté. Il

La condition suffisante pour que l'image d'un corps lumineux soit reproduite avec netteté au fond de l'œil, c'est que le sommet des cônes réfractés, correspondants à chacun des points, se trouve précisément sur la rétine, c'est-à-dire sur la membrane qui joue dans l'œil le rôle d'un écran sensible.

Centre optique.

La théorie de la marche des rayons lumineux dans l'œil serait très incomplète, si nous ne faisions intervenir quelques notions sur la direction des pinceaux lumineux réfractés, c'est-à-dire sur les axes des rayons émanés de chacun des points d'un objet dont l'image se forme sur la rétine.

En raisonnant sur l'appareil oculaire, comme on le ferait pour un système de lentilles, on doit appliquer à sa théorie optique des raisonnements analogues à ceux qui ont guidé les physiciens dans l'explication des images obtenues au moyen de ces instruments.

Nous admettons qu'une ligne droite indéfinie, tombant perpendiculairement sur le centre de figure de la cornée, pénétrera normalement les milieux réfringents de l'œil, et qu'elle pourra être considérée comme représentant la direction de l'axe principal du système. Tout point radieux situé en avant de l'œil et sur cet axe, à une distance comprise dans les limites de la vision, enverra un cône lumineux divergent qui, après les réfractions successives qu'il aura éprouvées, engendrera un second cône convergent dont le sommet sera sur l'axe principal. On voit que la direction d'un pinceau de lumière émané d'un point situé sur l'axe principal, et dont le foyer est sur la rétine, peut être définie par la direction de cet axe.

Pour donner une idée approximative de ce qui se passe pour les points radieux situés hors de l'axe, il est indispensable de ne pas oublier que, dans tout système lenticulaire, quelque compliqué qu'il soit, il existe un point dont la situation sur l'axe principal peut être déterminée, point tel que le rayon qui le traverse ne subit pas de déviation. Ce point est ce qu'on nomme le *centre optique* du système.

Toute ligne droite indéfinie, passant par ce point et par le foyer de radiation, peut être considérée comme la direction d'un *axe secondaire* sur lequel se trouve le foyer conjugué.

On démontre que la position du centre optique d'un système invariable est tout à fait indépendante de la direction commune des rayons incident et émergent. Il existe donc, dans l'œil, un point (ou une surface d'une étendue assez petite pour être généralement négligeable) tel que tout rayon émané d'un centre de radiation extérieur qui le traverse, conserve sensiblement la direction rectiligne, et détermine le lieu de la rétine où le foyer devra se trouver placé.

Nous savons qu'en réduisant la question à des termes aussi simples, on néglige bien des éléments qui viennent compliquer ce problème; mais il ne faut pas oublier que, pour exposer la théorie même des lentilles, les physiciens ne craignent pas d'omettre une foule de conditions d'une importance secondaire. Certes, en les faisant entrer dans une démonstration générale, on pourrait satisfaire l'esprit rigoureux de l'analyste, mais on n'arriverait qu'à obscurcir l'enseignement au lieu de le rendre profitable. D'ailleurs remarquons encore que, si l'on soumet au calcul les principaux éléments de la question, les déductions les plus absolues en apparence ne sont encore que des approximations ; car, suivant nous, l'appréciation des conditions engendrées par un milieu organisé ne peut être soumise à une analyse rigoureuse.

rayon que l'on doit considérer comme l'axe du faisceau diation, et, par conséquent, celle du centre optique, ont pproximation suffisante.

longtemps, que les rayons passant par le centre de la pu- sidérés comme se confondant avec les axes secondaires de objet extérieur. Cette hypothèse amenait à conclure que le ces rayons, que le centre optique de l'appareil oculaire se tance du centre du cristallin. Mais cette opinion a été réfutée kmann (1) : ce physiologiste a fait voir que le lieu d'inter- n'éprouvent pas de déviation appréciable est situé dans le e distance de la face postérieure du cristallin.

(2) a repris cette question. Par des expériences ingénieuses, tous les points d'un objet extérieur, il existe un rayon qui du pinceau réfracté. L'intersection de tous ces rayons s'opère mathématique, comme on doit le penser, mais détermine une e fort petite. Si l'on suppose, vu les faibles dimensions de cette réduite à un point, on trouve que le centre optique est situé, le l'œil, un peu au delà du centre du globe oculaire.

our compléter ces notions sur la théorie des images qui se œil, de remarquer que sa surface n'est pas plane, mais qu'elle manifeste. Si donc on imagine la distance d'un objet visible n de rétine qui se trouve dans la direction de l'axe principal , et cependant les parties qui sont situées à quelque distance de veront pas. La vision ne s'opérant avec netteté que pour les se peindre dans la direction de l'axe principal, ou dans la très rétine qui l'avoisine, les mouvements variés de l'appareil ocu- s à amener son orientation pour que cette condition soit remplie. cette direction lui a fait donner un nom spécial, et l'on dit n nettement que quand il se trouve dans le prolongement de

optique de l'appareil oculaire, celles-ci représenteront les axes des deux faisceaux lumineux partis des extrémités. Ces droites rencontreront la rétine en *p* et *h*, et formeront un angle dont le sommet sera au centre optique, et dont la base sera la grandeur de l'image sur la membrane sensible. La grandeur apparente d'un objet sera donc exprimée par l'angle visuel tel qu'il vient d'être défini. Mais l'estimation de la grandeur linéaire d'un objet doit dépendre d'une autre notion qu'il importe d'énoncer maintenant.

Il est évident, en effet, d'après la manière dont procède l'œil, que si le nombre des éléments de la rétine affectés nous fait seul juger de la grandeur, nous estimerons les objets PH, P'H', P''H'' situés en A, B, C, de mêmes dimensions, puisqu'ils sous-tendront, sur la rétine, le même angle *poh*.

Il y a donc une notion très importante, de laquelle il faut tenir compte, dans l'appréciation de la grandeur des corps : c'est la distance à laquelle se trouvent placés les objets visibles.

A moins d'une mesure directe de cette distance, nous ne l'apprécions jamais qu'à l'aide de notions vagues, fruits de nos réminiscences et de l'habitude. Une telle estimation nous donne généralement des approximations suffisantes à nos besoins. Mais, dans la pratique, nous faisons usage, sans nous en apercevoir, d'une foule de notions diverses et dépendantes de plusieurs ordres de phénomènes qui nous servent à baser notre jugement sur les dimensions relatives d'objets situés à des distances variées.

Le moyen employé le plus souvent consiste dans la comparaison de l'objet qui fixe notre attention avec d'autres objets situés dans son voisinage, et dont la grandeur nous est parfaitement connue. Une barque qui, vue à une grande distance en mer, se peindra comme un point sur notre rétine, nous apparaîtra avec ses véritables dimensions, si nous voyons les hommes qui la gouvernent. Ainsi se trouve rectifié notre jugement fondé sur une appréciation matérielle invariable.

L'absence de ces termes de comparaison est souvent, pour nous, l'origine d'illusions dont il paraît d'abord difficile de se rendre compte, soit dans l'appréciation de l'angle que sous-tend un objet, soit dans celle de l'angle qui nous sert à estimer la distance de deux corps. Tout le monde a observé que la lune et le soleil paraissent avoir, quand ils sont à l'horizon, un diamètre beaucoup plus considérable que lorsqu'ils sont placés à une certaine hauteur au-dessus de cette ligne. Cependant, si l'on mesure avec précision, au moyen d'instruments astronomiques, l'angle qu'ils sous-tendent, on trouve que sa valeur est la même dans ces différentes positions. De cette observation, on peut conclure que nous nous faisons de la grandeur apparente de ces astres une opinion tout à fait variable, suivant que par leur position ils se peignent sur notre rétine dans le voisinage d'objets terrestres dont les dimensions nous sont connues, ou suivant que, placés à une certaine élévation dans le ciel, ils nous apparaissent dépourvus de ces termes de comparaison qui faisaient la base de notre première appréciation.

La même interprétation s'applique aux apparences diverses que présentent deux étoiles, quand nous les voyons à l'horizon, puis au zénith. Nous jugeons leur distance relative beaucoup plus grande dans le premier cas que dans le second.

Dans le jugement qu'on porte sur la distance des objets terrestres, et, par conséquent, sur leur grandeur, il est encore un élément de nos appréciations qu'il ne faut pas négliger de mentionner ici : c'est l'éclairement de l'objet visible, la netteté plus ou moins grande des détails que l'on aperçoit. Ces diverses qualités se trou-

atisfaisante. Ce phénomène, presque inconnu des physiolo-
ervation vulgaire pour les ingénieurs et tous ceux qui s'occu-
désiques; la connaissance en est due à Bravais (1). Voici
si un observateur, placé en mer à une certaine distance d'une
des irrégularités de terrain, la dessine à l'œil avec l'apparence
econnaît, au moyen d'une évaluation mathématique compara-
racé ainsi obtenu, les grandeurs linéaires horizontales sont
d'après des rapports convenables, tandis que les distances an-
ont estimées sur une échelle double. Cette illusion, à laquelle
iblement entraîné dans ce genre d'appréciations, n'est pas indi-
pourrait le croire: des observations nombreuses montrent sa

u même ordre se présente quand on observe l'arc-en-ciel pro-
lettes d'eau d'une cascade ou d'un jet d'eau, et que, le soleil
cercle est presque complet; l'observateur a constamment la
d'une circonférence, mais d'une ellipse dont le grand axe est
te facilement un fait du même genre dans la forme que l'on
ces zones lumineuses, qui entourent quelquefois le soleil
anmoins, d'après les mesures mathématiques, exactement cir-

gnaler ces phénomènes singuliers desquels il semble impossible,
e la science, de donner une explication satisfaisante.

grandeur des derniers éléments de la rétine sur la vision nette.
tion de netteté des impressions visuelles qu'on doit ne pas
marquer: elle tient essentiellement à la disposition et à la gran-
de la rétine, et offre, par conséquent, un intérêt incontestable

pressions distinctes, et l'on n'a plus qu'une sensation mixte résultant d'un ensemble en apparence uniforme.

On pourra aisément se rendre compte de ce phénomène, si l'on réfléchit que chacun des éléments terminaux de la rétine a une étendue très petite, il est vrai, mais finie. Or, chaque particule de la membrane sentante ne peut transmettre à l'encéphale qu'une seule impression à la fois: si l'agent excitateur d'un élément est unique, la sensation perçue sera simple et spéciale à l'agent qui la produit; c'est ainsi qu'un objet lumineux rouge, dont l'image tomberait sur un élément terminal de la rétine et le couvrirait entièrement, ferait naître une sensation unique, celle du rouge. Mais supposons ce même objet partagé en deux moitiés, l'une rouge, l'autre bleue: si son image est amenée par réfraction sur la même particule de la membrane sentante, celle-ci ne pourra transmettre au *sensorium* qu'une impression unique; ce ne sera ni celle du rouge ni celle du bleu, mais bien la sensation mixte du violet.

De ces faits il résulte que toutes les fois que deux objets lumineux de petite dimension seront assez rapprochés l'un de l'autre pour que l'angle que leurs images sous-tendent sur la rétine soit plus petit que l'un de ses éléments, ils ne seront pas vus distincts, mais produiront une impression mixte qui sera la résultante des deux ébranlements engendrés par leur réunion. Dès lors on peut s'expliquer comment, dans l'exemple cité en premier lieu, des lignes noires très fines et très rapprochées, sur un fond blanc, ne font pas naître la sensation du noir ou du blanc, mais celle du gris.

Il est facile de comprendre comment on a pu déduire la grandeur des derniers éléments de la rétine de la connaissance exacte de l'angle le plus petit sous lequel deux points peuvent être vus distinctement, la distance de ces deux points à l'œil étant déterminée avec précision. Les résultats obtenus par divers observateurs sur ce sujet concordent assez bien avec les mesures directes données par d'autres. Il paraît certain, d'après les recherches de quelques physiologistes, qu'il y a pourtant des différences individuelles assez notables sur ce point; et tout porte à croire que, chez les divers animaux, les disproportions doivent être encore plus marquées.

Faisons observer, pour étendre la série d'exemples cités plus haut, que la plupart des teintes mixtes employées dans les divers modes de colorations artificielles ne nous semblent uniformes que grâce à la propriété de la membrane sentante dont nous avons parlé.

S'il était nécessaire de compléter l'interprétation du phénomène par l'expérience, nous montrerions que toutes les fois qu'on peut, dans des cas analogues à ceux qui précèdent, augmenter suffisamment l'angle que les deux images produisant une sensation mixte forment sur la rétine, l'impression moyenne cesse d'exister, et les deux images projetées sur des éléments différents agissent isolément sur l'encéphale et sont vues distinctement. Ce cas se présente sans cesse dans l'emploi du microscope composé, instrument qui, comme on le sait, agrandit dans des proportions souvent énormes l'angle sous lequel nous voyons les objets, et rend, par cette seule cause, visibles et distincts des détails d'objets parfaitement réguliers qui, sans lui, sont ou complétement invisibles ou seulement confus, par les motifs qui ont été exposés.

Après avoir étudié d'une manière générale la production des images dans l'œil,

nt les opticiens, l'emploi d'un diaphragme opaque (*iris*) percé
ıverture circulaire (*pupille*).
l faut admirer la supériorité des moyens mis en usage par la
ıt on dispose dans les arts. L'iris est un diaphragme, mais un
nt, pour ainsi dire. La quantité de lumière nécessaire pour
ble a un certain maximum au delà duquel l'intensité lumineuse
ause de trouble qu'un moyen de perfection. Un corps est-il
pupille se rétrécit, éliminant ainsi tous les rayons inutiles ou
de la vue; l'objet n'envoie-t-il que peu de lumière, l'orifice
e manière à admettre la plus grande partie des rayons réfractés

l'orifice pupillaire se lient aussi au degré de convergence plus
rayons lumineux qui arrivent dans l'œil. S'ils sont peu diver-
lilate : tel est le phénomène qui s'observe dans la vision des
s si un corps se rapproche de l'œil, l'orifice pupillaire se con-
de évidemment avec l'augmentation de divergence des rayons
es points de ce corps.
s, il y a simultanéité de deux phénomènes intéressants : d'un
imensions de la pupille ; de l'autre, différence de l'orientation
visuels. En effet, quand on regarde un objet situé à une dis-
pour qu'il soit permis de la considérer comme infinie, les deux
manière que l'image vienne se peindre dans la direction de
l'on imagine deux droites menées suivant leur prolongement,
dernières ne s'opérant qu'à l'infini, les axes seront parallèles.
pose les deux yeux fixés sur un même objet dont l'éloignement
avec leur distance réciproque, le parallélisme des axes cesse
ent entre eux un angle qui a pour sommet les points visibles,
croissant à mesure que l'objet se rapproche.
us imaginons des objets de dimensions relatives telles qu'à des

dans sa plus grande dilatation et dans sa plus forte contraction. Les nombres qu'on pourrait donner à ce sujet n'ont aucune importance. Faisons seulement observer que, quelle que soit la dilatation de la pupille, jamais dans l'œil normal la surface entière du cristallin ne devient visible ; les rayons dirigés vers les bords de cette lentille, et qui pourraient nuire à la vision par leur trop grande convergence, sont donc constamment éliminés.

Cristallin. — Le cristallin est un des milieux réfringents de l'œil. Sa description anatomique ne pouvant trouver place ici, je signalerai seulement quelques dispositions particulières qui paraissent influer sur son rôle dans la vision.

On distingue, dans le cristallin, une enveloppe ou capsule contenant dans son intérieur une substance molle, fibro-lamellaire, qui la distend et lui donne sa forme.

La capsule cristalline ne présente rien de remarquable, si ce n'est, dans l'état normal, sa translucidité parfaite.

La substance même du cristallin, longtemps considérée comme un produit de sécrétion, présente une organisation manifeste: on admet, dans cette substance, trois parties distinctes: l'humeur de Morgagni, les lames et le noyau.

L'*humeur de Morgagni* n'est pas un liquide parfaitement homogène; on y trouve des vésicules à noyau, transparentes et incolores, unies entre elles par un liquide. Elle occupe, à la partie périphérique du cristallin, l'espace compris entre la capsule et les lames; la couche qu'elle y forme est plus épaisse en avant que dans les autres points de cette lentille.

Les *lames du cristallin* sont constituées par des plans de fibres aplaties, que l'on compare à des prismes à six pans, et qui présentent, dans le cristallin humain, des cannelures peu apparentes. Ces fibres, dans le cristallin des poissons, portent de véritables dentelures qui s'engrènent les unes dans les autres.

Les fibres cristallines sont disposées très régulièrement et dirigées des bords de la lentille vers ses pôles, sans qu'il y ait croisement. Quant aux lames qui résultent de leur réunion, elles se superposent de manière à former des couches concentriques dont les courbures varient de la périphérie à la partie centrale du cristallin.

La coordination des divers faisceaux fibreux, et leur disposition générale telle qu'elle est indiquée dans les traités d'histologie, rendent aisément compte des effets produits par l'immersion du cristallin dans des liquides qui amènent la coagulation de son tissu, et de la désunion de ces faisceaux dans les points où leur adhérence est la plus faible.

Le *noyau du cristallin* diffère peu des couches qui le recouvrent. Il se fait remarquer par la condensation plus grande de ses éléments.

Ce qu'il y a de plus important à noter dans la structure du cristallin, au point de vue physique, ce sont, d'une part, l'accroissement successif de la densité de ses couches, depuis l'humeur de Morgagni jusqu'au centre du noyau ; d'autre part, la variété des courbures qu'elles offrent. Cette dernière notion sur les courbures n'est pas assez précise pour qu'on sache tout le rôle qu'elles jouent dans la vision ; mais il est permis de considérer la première disposition comme un moyen remarquable de corriger l'aberration de courbure. En effet, un point radieux, situé en avant de l'œil dans une position quelconque par rapport à l'axe, enverra des rayons sur la surface du cristallin qui correspond à la projection de la pupille : si la lentille était homogène, le foyer des rayons périphériques serait plus rapproché de la face pos-

faire observer que la structure fibreuse du cristallin ne trouble
de la lumière dans son intérieur. Il suffit, pour expliquer ce
ut être révoqué en doute, d'admettre que, dans l'étendue de
gale réfringence, les parties organisées qui entrent dans la com-
offrent une adhésion intime, et constituent un tout physiquement
ident d'ailleurs que, s'il n'en était pas ainsi, les influences variées
ayons lumineux amèneraient infailliblement leur dissémination
d'une image nette, il ne pourrait y avoir, sur la rétine, qu'une
le lumière sans relation définissable avec la forme des objets
t se faire une idée de ce qui se passerait alors en soumettant le
npression un peu forte ; la translucidité de chacune de ses par-
e, mais les relations précédentes se trouvant détruites, les phé-
ion régulière cessent immédiatement de se manifester.
adaptation de l'œil pour la vision à différentes distances, je dirai
physiologistes ont fait jouer au cristallin pour l'explication de
t de la théorie de la vision, et je dirai aussi quelles propriétés
n a cru pouvoir attribuer à cet organe.

e. — L'humeur aqueuse est le liquide transparent contenu dans
ar les anatomistes sous le nom de *chambre antérieure* et de
e de l'œil.
couche d'humeur aqueuse comprise entre la face postérieure
face antérieure de la capsule cristalline, suivant la direction de
le $2^{mm},5463$ suivant Krause.
action de l'humeur aqueuse est de 1,337 (Brewster), 1,338
qu'il diffère peu de l'indice de réfraction de la cornée, puisque
rime la valeur de ce dernier est 1,330, d'après Chossat.
le l'humeur aqueuse est un fait reconnu et admis par tous les

Les opinions touchant la structure du corps vitré sont très différentes. On s'accorde à y reconnaître une membrane mince, pellucide ou *hyaloïde*, et un contenu, ou *humeur vitrée;* mais l'accord cesse d'exister à propos des rapports réels de cette membrane et de cette humeur.

On a admis longtemps que la membrane hyaloïde, qui constitue manifestement l'enveloppe extérieure du corps vitré, envoie des prolongements internes qui, par leur rencontre, suivant des directions très diverses, circonscrivent des espaces cellulaires remplis par l'humeur vitrée. Cette observation est due à Demours (1). Mais Pappencheim (2), Giraldès (3), E. Brücke (4), ont assigné au corps vitré une structure tout autre que celle indiquée par Demours. Quoique les détails de leur description soient peu concordants, l'idée qui domine, c'est que le corps vitré est constitué par des couches superposées et concentriques les unes aux autres. Ajoutons qu'une description nouvelle, tout à fait différente des précédentes, vient d'être présentée par Hannover (5).

Malgré l'intérêt physiologique qui s'attache à la détermination précise des éléments du corps vitré et à leur disposition relative, il n'entre pas dans notre plan de discuter la valeur de ces opinions contradictoires, entre lesquelles il serait d'ailleurs fort difficile d'opter d'une manière définitive.

Quelle que soit l'idée que l'on se forme du corps vitré, au point de vue anatomique, les lois de la lumière et la théorie des images au fond de l'œil exigent une certaine homogénéité, sinon anatomique, du moins physique, entre le liquide et la membrane hyaloïde, dans l'étendue de chaque couche appartenant à une surface de même rayon. L'identité que la plupart des auteurs admettent dans toute l'épaisseur du corps vitré paraît tenir à une merveilleuse disposition des éléments anatomiques hétérogènes qui entrent dans la composition de ce milieu réfringent.

Je ne reviendrai pas sur la marche des rayons lumineux dans l'intérieur du corps vitré, supposé homogène depuis la face postérieure du cristallin jusqu'à la rétine: ce point a été traité à propos de la théorie des images qui se forment au fond de l'œil.

D'après Vallée (6), qui croit que le corps vitré est formé par des couches superposées à partir du cristallin jusqu'au fond de l'œil, chaque couche est homogène, mais la densité de l'ensemble va en croissant d'avant en arrière. On verra plus loin les principales conséquences qu'il tire de cette structure hypothétique du corps vitré. Quelque remarquables qu'elles soient, tant que la démonstration positive du fait anatomique sur lequel elles se fondent manquera à la science, on ne devra les admettre qu'avec réserve.

C'est à tort que des physiciens ont cru que rien n'est plus facile que de déterminer les indices de réfraction du corps vitré pour des couches de profondeur différente. Sans doute, si l'on avait affaire à une substance anatomiquement homogène, le procédé de Wollaston, ou le procédé plus précis de Brewster pourrait être employé avec succès; mais on conçoit que la ségrégation de la membrane hyaloïde

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1741, p. 64.
(2) *Specielle Gewebelehre des Auges*. Breslau, 1842, p. 182.
(3) *Etud. anat. sur l'organ. de l'œil*. Paris, 1836.
(4) MULLER'S *Archiv*, 1843, p. 345.
(5) *Arch. d'anat. et de physiol.*, 1re année, p. 210.
(6) *Ouvr. cit.*

et de l'humeur vitrée rend la difficulté presque insurmontable par les moyens actuellement en usage pour les déterminations de cet ordre.

Choroïde. — On donne ce nom à la seconde des membranes de l'œil dans l'ordre de superposition. La choroïde, par sa surface externe, répond à la sclérotique et se termine comme elle vers la circonférence de la cornée transparente; par sa surface interne, elle s'applique à la convexité de la rétine.

Malgré sa ténuité, on la sépare assez facilement en trois couches concentriques, dont la composition élémentaire est différente. Ce sont, en procédant de l'extérieur à l'intérieur, la *couche celluleuse*, la *couche vasculaire* et la *couche pigmentaire*.

Cette dernière, formée par une variété d'épithélium pavimenteux couvert de molécules pigmentaires, mérite de fixer notre attention à cause du rôle optique qu'elle est destinée à remplir. Elle recouvre toute la surface interne de la choroïde, et s'étend en avant jusqu'au bord de la pupille, en passant sur la face postérieure de l'iris, où elle constitue l'*uvée*.

La teinte du pigment varie dans les différents individus; elle est plus foncée généralement chez les bruns que chez les blonds. Chez les hommes ou les animaux dits *albinos*, la choroïde, étant dépourvue de molécules pigmentaires, ne présente plus la teinte noire normale: c'est ce qui fait que le fond de l'œil devient visible à travers la pupille. La lumière, réfléchie à l'extérieur par cet orifice, est plus ou moins rougeâtre, à cause de l'absorption d'une partie des rayons élémentaires de la lumière blanche par le réseau vasculaire choroïdien.

Il importe de noter que, chez l'homme, la choroïde manque en arrière dans le point où le nerf optique traverse les pertuis de la sclérotique et pénètre dans l'œil pour se terminer à la rétine. On verra ailleurs que cette disposition anatomique a donné origine à une opinion erronée sur les fonctions de la choroïde. L'extrémité antérieure de cette membrane aboutit au *ligament* ou *cercle ciliaire* qui unit la sclérotique à la choroïde, et elle se termine par un cercle noir et plissé, qu'on désigne sous le nom de *couronne* ou *corps ciliaire :* celui-ci résulte lui-même de la réunion de plis radiés (*procès ciliaires*) derrière lesquels se prolonge la rétine, au pourtour du cristallin et au-devant de la *zone de Zinn*. Son tissu est d'ailleurs identique avec celui des autres portions de la choroïde; il est imprégné d'une couche épaisse de pigment, remarquable par sa teinte très foncée. Quant aux usages attribués au cercle ciliaire que plusieurs anatomistes considèrent comme un muscle, ils seront discutés plus loin, avec les théories sur l'accommodation de l'œil aux diverses distances.

Si nous examinons un instant les instruments optiques desquels nous faisons usage, l'intérieur du cylindre d'une lunette par exemple, nous le verrons constamment recouvert d'une couche absorbante, d'un enduit noir; c'est que, sans cette précaution indispensable, les phénomènes de réfraction régulière se trouveraient compliqués, masqués pour ainsi dire par des réflexions irrégulières à la surface interne de l'appareil. La superposition des effets engendrerait une perturbation facile à reconnaître par l'expérience. Or, dans l'œil humain, il fallait que chaque rayon lumineux, après avoir produit son effet sur la membrane sensible, ne pût agir ultérieurement. Il est donc nécessaire qu'il soit complétement annulé dès que son action normale a eu lieu. Ce but est atteint par la couche pigmentaire du tissu choroïdien, qui, au point de vue physique, doit être assimilée aux substances absorbantes qui tapissent certains instruments d'optique.

Cette vérité, généralement admise, a été pourtant contestée par quelques physiologistes. Desmoulins (1); après avoir cherché à démontrer les usages du *tapis* chez les animaux qui en sont pourvus, n'a pas craint de considérer le décroissement de la teinte de la choroïde, observé chez les vieillards, comme un moyen de corriger l'imperfection des autres parties de l'appareil oculaire.

Cette opinion nous semble tout à fait inexacte, et, loin de penser que la diminution des propriétés absorbantes de la choroïde soit un procédé supplémentaire employé par la nature pour compenser ce qui manque aux milieux réfringents devenus moins aptes à remplir leurs fonctions, nous croyons que c'est une imperfection qui vient s'ajouter aux autres défauts existants, et qui procède, comme eux, de la décroissance des fonctions réparatrices. D'ailleurs, chacun sait combien est grande la faiblesse des yeux chez les albinos, combien l'éclat d'une vive lumière leur est insupportable. En présence de pareils faits, il semble impossible de méconnaître la nécessité de l'absorption de la lumière par l'enduit noir dont la choroïde se trouve recouverte.

Rétine. — Jusqu'à présent nous nous sommes exclusivement proposé de déterminer l'influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à donner de la perfection aux images qui se produisent au fond de l'œil ; c'est-à-dire d'étudier seulement les phénomènes dépendants de la structure optique de l'œil ou de la construction des milieux transparents placés au-devant de la rétine. Mais il en est d'autres qui ne sauraient être expliqués de la même manière, qui tiennent aux propriétés vitales de cet écran sensible, au conflit qui a lieu entre lui et le *sensorium:* il nous a semblé qu'une pareille étude devait être entreprise seulement lorsque nous nous occuperons des rapports de l'encéphale avec la vision.

DE LA VISION DISTINCTE A DIVERSES DISTANCES.

Nous avons supposé précédemment que la position de l'objet lumineux, les courbures et la densité des milieux réfringents de l'œil, la distance de l'écran sensible, ne subissaient aucune variation.

En assimilant ce qui se passe dans l'œil à ce qu'on observe dans une chambre obscure, il est évident que, si la distance de l'objet vient à changer, l'image focale doit elle-même se déplacer. Si l'éloignement augmente, les rayons qui arrivent à l'œil ont une divergence moins grande, et leur foyer se trouve en avant de l'écran ; s'il diminue, au contraire, le sommet des cônes lumineux réfractés est placé au delà de l'écran. Dans l'un et l'autre cas, l'image perd sa netteté, puisque chacun des points de l'objet, au lieu d'être reproduit par un point correspondant dans l'image, est représenté par une série de surfaces circulaires qui se couvrent dans une plus ou moins grande partie de leur étendue.

En admettant ainsi l'identité de l'œil avec nos instruments d'optique, on serait amené à conclure que si cet organe ne subit aucune variation, les objets extérieurs sont visibles seulement dans une position déterminée, celle où leur distance est telle que l'image focale est précisément sur la rétine. Cependant chacun sait

(1) *Mémoire sur l'usage des couleurs de la choroïde dans l'œil des animaux vertébrés* (*Journ. de physiol. expér.*, t. IV, p. 107).

ı calcul les diverses conditions qu'il est nécessaire d'admettre, d'après ır se rendre compte du phénomène.

(1), partisan de l'adaptation, arriva, par voie d'élimination, à attri- llin la propriété de subir les modifications nécessaires pour la vision s différentes. S'appuyant sur l'existence des fibres élémentaires qui, ion, constituent cette lentille, il suppose que chaque couche, dans la de l'axe du cristallin, possède une certaine contractilité. Lorsque la produit, le volume des parties situées suivant l'axe augmentant, la courbures se trouve accrue et la distance focale devient alors plus t Young, l'axe du cristallin est susceptible d'allongement et de rac- . Des objections nombreuses ont été dirigées contre cette pro- e au cristallin: on a fait remarquer que la structure de ses fibres ıent de celle des fibres musculaires, qu'aucun nerf n'arrive au cris- erminer la contraction de ses fibres, que les agents excitateurs ordi- ıs contractiles ne produisent aucun effet sur le cristallin. Mais Young ɜ opinion était celle de Hunter, que la contractilité de la lentille cris- e spéciale, qu'elle lui est aussi individuelle que la structure de son ıent qui paraît avoir le plus de valeur contre l'hypothèse de Young, rès ses propres observations et celles de plusieurs expérimentateurs, istallin, par suite de l'opération de la cataracte, laisse encore, aux quels l'extraction a réussi parfaitement, la faculté d'accommodation ɜs assez étendues. Il est vrai que le physicien anglais fait observer iété est considérablement atténuée, et qu'il est permis d'attribuer ɜs qu'on observe, chez les individus privés de cristallin, à l'in- aphragme irien, qui, en se contractant, donne assez de ténuité au nière arrivant dans l'œil, pour que son cercle de diffusion, à la sur- nbrane sensible, ne trouble pas d'une manière appréciable la netteté

ɜ analyse, la théorie d'Young, ne paraissant susceptible d'aucune

de Brême, assimilant les milieux réfringents de l'œil à des lentilles, en conclut que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin, que l'objet qu'elle reproduit s'éloigne davantage. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de $0^{m},25$; mais, pour les myopes ou pour les presbytes, on constate des nombres plus ou moins grands.

Olbers a déterminé par le calcul la distance de l'image à la cornée, suivant l'éloignement de l'objet. Si la source lumineuse se trouve à l'infini, et l'on peut considérer comme placés dans cette condition les étoiles ou le soleil, la distance de l'image à la cornée est de 0,8996 de pouce; à 27 pouces, elle est de 0,9189; à 8 pouces, de 0,9671; et un objet situé à 1 pouce forme son image focale à $1^{p.},0426$.

Ainsi, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre $0^{p.},8996$ et $1^{p.},0426$, et la différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de positions que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé à des distances intermédiaires. Or, en admettant que la cornée et le cristallin ne subissent aucune variation de courbure, il suffit pour la rétine d'une excursion dont le maximum s'élève à $0^{p.},143$, pour que toutes les images puissent être perçues avec une égale netteté.

Olbers a fait une autre hypothèse, et il en a calculé les conséquences. Il suppose que la rétine ne subit pas de déplacements antéro-postérieurs, et cherche alors quelles sont les variations de convexité nécessaires à la cornée pour que l'image tombe à une distance constante derrière le cristallin.

Il imagine un objet placé aux distances posées antérieurement comme limites de la vision, et il trouve que, si le corps lumineux est situé à l'infini, le rayon de la cornée sera celui d'une sphère de $0^{p.},333$; à 27 pouces, le rayon de courbure sera $0^{p.},321$; à 8 pouces, de $0^{p.},303$, et enfin à 1 pouce, de $0^{p.},273$, pour que le foyer soit toujours sur la rétine.

Olbers, entraîné par la logique de ses hypothèses, croit donc que la vision distincte, à des distances variables, ne peut s'expliquer que par des modifications internes de l'œil; il admet l'existence d'un changement de courbure de la cornée, mais il n'arrive pas à la démonstration expérimentale de ses principes.

Ces idées d'Olbers furent admises par Home (1), qui, en se servant d'un appareil inventé par Ramsden, crut apercevoir des changements dans la courbure de la cornée. Plus tard, en faisant usage d'instruments plus parfaits, les variations de cette surface lui parurent moins évidentes, et il ne leur fit plus jouer qu'un rôle partiel dans l'accommodation de l'œil.

Englefield et Ramsden partagèrent aussi le sentiment d'Olbers; mais beaucoup de physiciens ont rejeté les grandes déformations de l'œil comme tout à fait inadmissibles, et ont institué plusieurs expériences pour arriver à donner des preuves positives de la validité de leurs arguments.

Th. Young (2) chercha à démontrer que l'œil ne subit aucun allongement, et que, par conséquent, la courbure de la cornée est invariable pendant l'adaptation.

(1) *Sur la faculté de l'œil de s'ajuster à différentes distances* (*Bibliothèque britannique*, t. I, p. 419; t. IV, p. 156).
(2) *Biblioth. britannique*, t. XVIII, p. 248.

peut concourir à l'explication des phénomènes. D'abord, si l'on place l'œil une lame opaque percée d'un trou dont le diamètre soit moindre on distingue nettement tous les objets jusqu'à des distances beaucoup n'on ne le pourrait faire sans cette précaution : c'est qu'alors le faistre dans l'œil est si mince, qu'il est à peine nécessaire qu'il soit aminci gence pour faire des images nettes. Aussi n'observe-t-on aucune difre le petit trou coïncide avec le bord ou avec le centre de la pupille. au aminci, on peut donc voir nettement à toutes les distances et par es du cristallin.

veut regarder, à la vue simple et sans diaphragme, un objet de plus oché, on rétrécit de plus en plus l'ouverture de la pupille : c'est un rifier.

ce rétrécissement est en effet d'arrêter les rayons qui tomberaient ntre du cristallin, et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au ne.

veut regarder au loin, on ouvre au contraire la pupille autant qu'il fin que le faisceau incident soit large, et que ses bords extérieurs les bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, artie centrale du faisceau converge trop tôt; mais l'épanouissement endre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, ès petit, et peut d'autant moins troubler la vision, que l'éclat de la ujours très faible par rapport à la lumière des bords. »

e Pouillet se rapproche beaucoup de celle de Treviranus, et diverses tes par de Haldat (1) semblent lui prêter leur appui.

die avait remarqué qu'en faisant varier, par l'éloignement ou le rap- l'objet, la grandeur de l'image peinte sur la rétine, on n'aperce- rence appréciable dans sa netteté. Haldat a étudié d'abord les images les cristallins isolés. Il a construit une petite chambre obscure dans stallin remplit le rôle d'objectif, et avec laquelle on reconnaît sans

[redacted]

et transmis par une ouverture de 10 à 12 millimètres de diamètre, si en outre le verre dépoli est amené au foyer du cristallin, qui est de $0^m,610$, il se forme une image éclatante du soleil, bien terminée, et qui, amplifiée par la lentille oculaire, présente une surface de $0^m,004$ de diamètre. Le verre dépoli, sur lequel se peint cette image, étant fixé à la même distance, on a interposé entre le cristallin et le porte-lumière une lentille biconvexe, dont le foyer était de $0^m,35$. Quoique les rayons, auparavant parallèles, aient alors pris une direction convergente, l'image a présenté plus d'éclat et une plus grande étendue ; mais le foyer a été le même. A la lentille biconvexe on a substitué un verre biconcave dont chaque face avait son foyer à $0^m,12$; les rayons rendus divergents ont donné à l'image moins d'éclat et une étendue moindre, mais le foyer a été le même. On a confirmé ces résultats en changeant même d'une très petite quantité la distance du verre dépoli au cristallin. L'image du soleil, soit que cette distance ait été augmentée ou diminuée, est devenue confuse et mal déterminée. L'invariabilité du foyer du cristallin, pour des rayons de directions différentes, est donc un fait acquis à la science (1). »

Les premières expériences de Haldat, ayant soulevé plusieurs objections, il en institua de nouvelles pour donner une certitude plus grande aux résultats qu'il avait obtenus.

Forbes (2), ayant fait observer la difficulté de constater expérimentalement la différence qui existe dans la netteté des images formées par le cristallin seul, pour des objets inégalement distants, de Haldat entreprit une série de recherches sur des yeux entiers. Voici l'exposé de son procédé :

« Je préparai, dit ce savant, des yeux de bœuf en coupant les trois membranes de la face postérieure, dans une étendue égale à la surface d'une pièce de 50 cent., et dans un plan parallèle à la pupille. Pour pratiquer cette ouverture, qui suffit à l'image des objets placés à l'extérieur, on doit saisir l'œil entre les doigts avec la précaution de le comprimer le moins possible, ou, mieux encore, en l'enfermant dans une capsule sphérique, qui porte une ouverture à la face postérieure et une autre à la face antérieure. Les deux valves dont se compose cette capsule, réunies par le moyen d'une charnière, peuvent contenir le globe oculaire. L'ouverture postérieure permet de faire la section circulaire des membranes formant le fond du globe, et d'observer les images qui s'y peignent. Quoiqu'il s'écoule nécessairement une petite quantité d'humeur vitrée, les images sont très distinctes, si cette humeur a conservé la forme sphérique qui lui est propre. Si elle l'a perdue, on la lui fait reprendre par l'application de quelque portion d'une membrane demi-transparente appliquée sur l'ouverture. Diverses substances peuvent être employées à cet usage ; mais, de tous les moyens, celui qui est le plus commode et le plus simple, est d'appliquer sur cette ouverture un verre de montre d'une courbure analogue à celle du globe oculaire employé. Ce verre, fermant à la fois l'ouverture de la valve postérieure et celle qui est pratiquée au fond du globe, permet d'observer les images avec la plus grande facilité. On peut lui donner les qualités du verre dépoli, tel qu'on l'emploie dans certaines chambres obscures, en passant sur la surface extérieure une couche de suif extrêmement légère. Par ce procédé si simple, qui donne au verre une demi-transparence bien supérieure à celle du verre dépoli ou simple-

(1) *Mém. sur les images qui se forment au fond de l'œil et sur un moyen très simple de les apercevoir.* Paris, 1813.
(2) *Mém.* et *Rec. cit.*

sient terni, on pourrait même, dans un cours de physiologie, exécuter un grand nombre d'expériences importantes, et montrer que l'image est bien réellement peinte au fond de l'œil, et nécessairement sur la rétine ainsi remplacée ; qu'elle l'est avec la forme et la couleur des objets, dans une dimension qui est en raison inverse du carré de la distance, mais dans une situation renversée ; enfin, que le lieu de l'image est sensiblement invariable pour les objets représentés par des rayons lumineux de direction diverse. »

Ces observations, répétées un grand nombre de fois, ont convaincu de Haldat de la constance dans le lieu de l'image pour le cas indiqué, sans toutefois l'éclairer sur la cause du phénomène contraire aux déductions théoriques, et même aux résultats obtenus avec des lentilles artificielles. De Haldat semble d'ailleurs porté à expliquer l'adaptation par des considérations analogues à celles qui font la base des théories de Treviranus et de Pouillet.

Malgré l'autorité imposante de savants aussi distingués que ceux dont nous venons d'exposer les travaux, il nous semble qu'une expérience simple, facile à répéter, démontre en même temps, et la nécessité de l'adaptation pour la vision nette d'objets placés à des distances différentes, et l'insuffisance des théories basées sur la structure du cristallin et sur les mouvements pupillaires, pour expliquer les phénomènes qui nous occupent.

Cette expérience (1) consiste à placer verticalement deux épingles noires sur une règle de bois horizontale, à une distance notablement différente. On ferme l'un des yeux, et l'on vise avec l'autre les extrémités alignées des deux épingles. Si, restant immobile, on cherche à voir l'épingle la plus rapprochée, on la perçoit avec une très grande netteté, les contours linéaires sont vifs et arrêtés, surtout lorsqu'on a soin de faire qu'elle se projette sur un écran blanc ; en même temps l'épingle la plus éloignée cesse d'être vue nettement, et l'on n'a plus la sensation, pour cette dernière, que d'une trace nébuleuse. Lorsque, au contraire, sans varier de position, on adapte son œil pour voir nettement l'épingle éloignée, on la perçoit parfaitement distincte, tandis que la plus rapprochée devient tout à fait confuse.

Dans cette expérience, les images des deux épingles se superposent dans l'œil. Il est aisé, par un effort d'adaptation, de voir l'une ou l'autre à volonté ; mais il est impossible d'avoir simultanément une perception nette de toutes les deux, ce qui prouve que l'œil accommodé pour la vision de l'une, ne l'est pas pour la vision de l'autre. Dans chacun des temps de l'expérience, il est manifeste que l'œil étant disposé pour la vision nette de l'une des épingles, les rayons émanés de l'autre n'ont pas l'inclinaison convenable, pour que les sommets des cônes réfractés se trouvent sur la rétine ; il y a des cercles de diffusion pour chacun des points de l'objet, et la sensation produite est aussi obscure que l'image elle-même est confuse.

Cette observation renverse la théorie de Pouillet. En effet, si l'œil est fixé sur l'objet le plus rapproché, le diamètre pupillaire se rétrécit et l'objet éloigné n'envoie dans l'œil que des rayons centraux ; ceux-ci, doués d'une trop grande convergence, ont leur foyer en avant de la rétine, et les cercles de diffusion formés sur cette membrane produisent la sensation vague d'une nébulosité. Mais, lorsque l'œil se reporte sur l'objet éloigné, la sensation perçue acquiert une netteté remarquable : or, dans ce cas, les rayons lumineux traversent à la fois les bords et le centre de la lentille cristalline. S'il n'y avait pas dans l'œil d'autre mode d'adapta-

1 J. MULLER, *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. II, p. 322.

tion que celui qui résulte des variations de la pupille, il serait impossible de co cevoir la perception d'une seule image parfaitement nette de l'objet éloigné, c les contours de cette image devraient toujours paraître entourés d'une sorte pénombre due à l'image nébuleuse produite par les rayons centraux. Cette pénomb pourrait, vu la différence d'intensité, ne pas être sensible dans les lieux où la sup position s'opère, mais elle se manifesterait nécessairement dans les parties de rétine non ébranlées, puisque l'aire qu'elle occupe sur cette membrane ser plus grande que celle de l'image nette formée par les rayons marginaux.

Un procédé indiqué par Scheiner (1) démontre aussi la nécessité de modi cations internes de l'œil pour l'adaptation. Après avoir percé, dans une carte, de petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orif pupillaire, si l'on observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet p étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple, on constate que ce poi n'est vu unique qu'à une distance déterminée ; en deçà et au delà, on a une se sation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil, seulement pour les distances au quelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérie envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringen concourent au même foyer, et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétin

Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position pr cédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer s la rétine : en deçà, les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière ce membrane, et chaque pinceau rencontre des éléments sensibles différents, d' une sensation double ; au delà, les rayons trop convergents se croisent en avant la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer double ébranlement et une double sensation.

On conçoit tout le parti que l'on peut tirer de cette expérience contre les théori précédentes, et en faveur des explications basées sur des changements internes globe oculaire.

Il est encore plusieurs autres faits à leur opposer. Si, comme le pensent Tre ranus et Pouillet, l'accommodation de l'œil dépend spécialement des variations l'orifice irien, chaque fois que le diamètre de la pupille changera, l'état d'accomm dation de l'œil sera modifié, et chacun sait que, si l'on éclaire plus ou moins objet dont la distance à l'œil est invariable, la pupille se contracte ou se dilate ; cependant il n'y a aucune variation dans la netteté de la vision, l'impression se lement prend ou perd de l'intensité.

Un argument de Volkmann (2) nous paraît avoir aussi une grande valeur, démontre que, si l'iris joue un rôle dans l'adaptation, on ne peut le considé comme l'organe spécial de cette fonction. On perce une carte d'un trou beauco plus petit que l'orifice pupillaire : si l'on place cet écran à une petite distance a devant de l'œil et dans la direction de son axe, l'expérience déjà citée des éping réussit encore. L'une des épingles étant vue nettement, la perception de l'autre très vague, et la vision parfaite, simultanée, d'objets placés à des distances vari bles, ne peut pas s'effectuer plus que dans les conditions normales. Dans ce expérience, le rôle de l'iris est anéanti par la pupille invariable que l'on interp

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipzig, 1836.

ıs lumineux et l'œil. Si l'accommodation s'opère encore, force est ıaître que l'iris ne peut à lui seul en être l'instrument.

(1) a aussi donné une théorie de l'adaptation basée sur les seules 'ouverture pupillaire. Cette théorie est fondée sur les phénomènes ıt lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques, et ne sous le nom de *phénomènes de diffraction.* Suivant son auteur, ıcte et continue des objets renfermés dans certaines limites résulte de des rayons près du bord de l'ouverture de l'iris : par suite de cette · forme, d'un seul point lumineux externe, plusieurs foyers au lieu ıccessivement dans une ligne d'une certaine longueur, de manière ıt, dans certaines limites, changer de distance, et pourtant un de ses ı toujours au fond de l'œil. Cette longueur focale est en raison inverse ıpillaire.

(2) et Volkmann (3) ont fait observer avec raison qu'en admettant lu physiologiste de Varsovie, il faudrait supposer que les images ›roduites que par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en rme sans être diffractés ?

ı de la vision nette *par la diffraction* me paraît si peu plausible, cette emble si peu propre à jouer le rôle qu'on lui attribue ici, que je rté à considérer son influence sur les rayons qui rasent le bord de ıe cause d'imperfection pour les images produites sur la rétine, si mbre des rayons sur lesquels elle agit ne paraissait avoir rendu son ɜ.

proposée par Lehot (4) pouvait être admise, elle rendrait inutiles lés d'adaptation successivement invoqués pour expliquer la vision ıs placés à des distances variables.

[redacted]

tion que celui qui résulte des variations de la pupille, il serait impossible de concevoir la perception d'une seule image parfaitement nette de l'objet éloigné, car les contours de cette image devraient toujours paraître entourés d'une sorte de pénombre due à l'image nébuleuse produite par les rayons centraux. Cette pénombre pourrait, vu la différence d'intensité, ne pas être sensible dans les lieux où la superposition s'opère, mais elle se manifesterait nécessairement dans les parties de la rétine non ébranlées, puisque l'aire qu'elle occupe sur cette membrane serait plus grande que celle de l'image nette formée par les rayons marginaux.

Un procédé indiqué par Scheiner (1) démontre aussi la nécessité de modifications internes de l'œil pour l'adaptation. Après avoir percé, dans une carte, deux petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orifice pupillaire, si l'on observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet peu étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple, on constate que ce point n'est vu unique qu'à une distance déterminée ; en deçà et au delà, on a une sensation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine se trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil, seulement pour les distances auxquelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérieur envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringent, concourent au même foyer, et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétine.

Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position précédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer sur la rétine : en deçà, les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière cette membrane, et chaque pinceau rencontre des éléments sensibles différents, d'où une sensation double ; au delà, les rayons trop convergents se croisent en avant de la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer un double ébranlement et une double sensation.

On conçoit tout le parti que l'on peut tirer de cette expérience contre les théories précédentes, et en faveur des explications basées sur des changements internes du globe oculaire.

Il est encore plusieurs autres faits à leur opposer. Si, comme le pensent Treviranus et Pouillet, l'accommodation de l'œil dépend spécialement des variations de l'orifice irien, chaque fois que le diamètre de la pupille changera, l'état d'accommodation de l'œil sera modifié, et chacun sait que, si l'on éclaire plus ou moins un objet dont la distance à l'œil est invariable, la pupille se contracte ou se dilate ; et cependant il n'y a aucune variation dans la netteté de la vision, l'impression seulement prend ou perd de l'intensité.

Un argument de Volkmann (2) nous paraît avoir aussi une grande valeur, et démontre que, si l'iris joue un rôle dans l'adaptation, on ne peut le considérer comme l'organe spécial de cette fonction. On perce une carte d'un trou beaucoup plus petit que l'orifice pupillaire : si l'on place cet écran à une petite distance au-devant de l'œil et dans la direction de son axe, l'expérience déjà citée des épingles réussit encore. L'une des épingles étant vue nettement, la perception de l'autre est très vague, et la vision parfaite, simultanée, d'objets placés à des distances variables, ne peut pas s'effectuer plus que dans les conditions normales. Dans cette expérience, le rôle de l'iris est anéanti par la pupille invariable que l'on interpose

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipzig, 1836.

entre les rayons lumineux et l'œil. Si l'accommodation s'opère encore, force est bien de reconnaître que l'iris ne peut à lui seul en être l'instrument.

Jean Mile (1) a aussi donné une théorie de l'adaptation basée sur les seules variations de l'ouverture pupillaire. Cette théorie est fondée sur les phénomènes optiques qui ont lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques, et que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de diffraction*. Suivant son auteur, la vision distincte et continue des objets renfermés dans certaines limites résulte de la diffraction des rayons près du bord de l'ouverture de l'iris : par suite de cette influence, il se forme, d'un seul point lumineux externe, plusieurs foyers au lieu d'un, rangés successivement dans une ligne d'une certaine longueur, de manière que l'objet peut, dans certaines limites, changer de distance, et pourtant un de ses foyers tombera toujours au fond de l'œil. Cette longueur focale est en raison inverse du diamètre pupillaire.

Treviranus (2) et Volkmann (3) ont fait observer avec raison qu'en admettant les principes du physiologiste de Varsovie, il faudrait supposer que les images nettes ne sont produites que par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords de la pupille ; mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en proportion énorme sans être diffractés ?

L'explication de la vision nette *par la diffraction* me paraît si peu plausible, cette propriété me semble si peu propre à jouer le rôle qu'on lui attribue ici, que je serais plutôt porté à considérer son influence sur les rayons qui rasent le bord de l'iris comme une cause d'imperfection pour les images produites sur la rétine, si le très petit nombre des rayons sur lesquels elle agit ne paraissait avoir rendu son effet négligeable.

Si la théorie proposée par Lehot (4) pouvait être admise, elle rendrait inutiles tous les procédés d'adaptation successivement invoqués pour expliquer la vision distincte d'objets placés à des distances variables.

Ce n'est ni sur la rétine, ni sur la choroïde, que l'impression lumineuse se produit, d'après ce physicien, mais c'est dans l'intérieur même du corps vitré. L'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu ; mais celle d'un corps solide en a trois. La sensation, pour un point lumineux extérieur, correspond au sommet du cône réfracté qui se trouve dans le corps vitré, et là seulement. Suivant la distance des objets à l'œil, les sommets se rapprochent ou s'éloignent de la face postérieure du cristallin, mais ils sont toujours dans le corps vitré tant que la perception est nette.

Une foule d'objections puissantes infirment cette théorie, et chacun peut les faire immédiatement. Comment l'impression lumineuse peut-elle se transmettre du corps vitré, totalement dépourvu de nerfs, au *sensorium* qui la perçoit ? Comment expliquer les illusions produites par les peintures, qui, au moyen d'images planes, donnent la sensation d'objets à trois dimensions ? Notons encore que les rayons lumineux, après leur croisement au foyer, doivent continuer à marcher, et viennent nécessairement produire, par leur rencontre sur la rétine, une image dont la net-

(1) *De la cause qui dispose l'œil pour voir distinctement les objets placés à différentes distances* (*Journ. de physiol. expérim.*), t. IV, p. 166.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Nouvelle théorie de la vision* (1er mémoire). Paris, 1823, p. 20.

teté varie suivant leur diffusion plus ou moins grande. Suivant Lehot, cette image n'est pas perçue ; il faut donc admettre l'insensibilité de la rétine, et même, en adoptant l'hypothèse de l'auteur, l'insensibilité de toutes les portions du corps vitré qui sont comprises entre le sommet du cône et la membrane nerveuse. De pareilles propositions n'étaient réellement pas soutenables ; elles sont universellement abandonnées aujourd'hui.

Nous regrettons de ne pouvoir donner ici qu'une idée sommaire de deux théories importantes, présentées l'une par Vallée (1), l'autre par Sturm (2). Les explications de ces savants, quoique bien différentes, sont basées sur des calculs et des considérations mathématiques que la nature de cet ouvrage ne nous permet pas d'aborder : ceux de nos lecteurs qui voudront prendre une connaissance parfaite de ces travaux remarquables devront recourir aux mémoires originaux.

Sturm, se fondant sur les mesures prises par Sœmmering, Chossat, Krause, et sur les observations de plusieurs physiologistes, admet que les milieux réfringents de l'œil ne sont pas sphériques, et même qu'ils ne sont pas terminés par des surfaces de révolution. Il en conclut, d'après des théorèmes géométriques, que les rayons lumineux émanés d'un point rayonnant, par leur réfraction dans l'œil, ne peuvent pas donner, au delà du cristallin, un point unique pour foyer, et qu'ils forment un faisceau assujetti à toucher les deux nappes d'une surface caustique en donnant deux foyers, F et f. Le maximum de condensation des rayons lumineux provenant d'un point extérieur s'opère dans l'espace compris entre les foyers F, f, espace qu'il nomme *intervalle focal*, dont la longueur est fort petite, mais qui jamais ne peut se réduire à un point.

En partant de ces principes, Sturm explique la vision distincte d'objets inégalement distants de l'œil. Car, dit-il : « La direction du rayon central sur laquelle se trouvent les foyers F, f, étant presque perpendiculaire à la surface de la rétine, le point d'où émanent les rayons lumineux sera vu avec une netteté suffisante, si la ligne $F f$, quoique très courte, rencontre la rétine en un point situé entre les deux foyers F et f, ou même encore un peu au delà de F, ou en deçà de f; car alors le mince faisceau lumineux que la pupille a laissé passer interceptera sur la surface de la rétine un espace extrêmement petit, incomparablement moindre que les sections faites dans ce faisceau, très près du cristallin. A la vérité, l'image d'un simple point sur la rétine peut être alors plus étendue en longueur qu'en largeur ; mais comme la lumière est plus condensée au centre de cette image, et que ses deux dimensions, quoique inégales, sont d'une extrême petitesse, on conçoit que, si l'on regarde un objet d'une étendue finie, des points contigus de cet objet donneront sur la rétine des images qui se superposeront en partie dans le sens de leur longueur, de manière à former, par leur ensemble, une image de l'objet assez nette et bien terminée.

» On explique par là comment la distance d'un objet à l'œil peut varier entre certaines limites, sans que les images sur la rétine des différents points de cet objet grandissent, jusqu'à se confondre, en s'étendant et empiétant trop les unes sur les autres, ce qui troublerait la vision.

» Si l'objet se rapproche ou s'éloigne, le petit faisceau de lumière qui, émané

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XX, p. 554, 761, 1238.

d'un point de cet objet, traverse l'œil, changera de forme graduellement; ses deux foyers F et f au fond de l'œil se déplaceront simultanément en marchant dans le même sens et restant toujours très près l'un de l'autre, et il suffira que l'un d'eux se trouve encore assez près de la rétine pour que l'image n'occupe toujours qu'un très petit espace sur la rétine, et que la vision ne cesse pas d'être distincte.

» D'autres circonstances peuvent d'ailleurs contribuer à cette petitesse de l'image, savoir: la contraction de l'iris, le déplacement imperceptible de la tête lorsque l'œil se fixe sur l'objet ou se dirige d'un objet vers un autre, ce qui change un peu les incidences des rayons, et peut-être aussi un très léger changement de courbure du cristallin.

» Quand l'objet sera trop rapproché ou éloigné, la vue pourra devenir confuse, parce que les deux foyers F, f, correspondants à chaque point de l'objet, se trouveront trop loin de la rétine, ou bien encore trop distants l'un de l'autre. »

Le savant travail de Sturm a été soumis à plusieurs objections importantes, faites par Vallée, qui pense que son auteur a trop pris en considération l'imperfection de certains yeux. La discussion de cette théorie se trouve dans le quatrième mémoire sur la *Théorie de l'œil* (VALLÉE): les considérations mathématiques sur lesquelles elle s'appuie ne nous permettent pas de l'analyser ici.

La question de l'adaptation a également beaucoup occupé Vallée (1). Son hypothèse fondamentale consiste à regarder le corps vitré comme formé par une série de couches superposées dont la densité, et par suite le pouvoir réfringent, croissent rapidement de la face postérieure du cristallin à la rétine. En admettant cette structure, Vallée cherche quelle est la forme d'un pinceau de rayons convergents, après la réfraction qu'il subit sous l'influence de la cornée et du cristallin, par l'action des couches postérieures du corps vitré: ce faisceau de rayons convergents constitue une surface courbe de révolution à pointe plus aiguë que celle d'un cône dont la base serait au cristallin et le sommet à la rétine. Vallée a démontré, par le calcul, que de très légères modifications de l'appareil oculaire suffisent alors pour expliquer comment le sommet des faisceaux convergents peut se trouver sur la rétine.

Ces idées remarquables seraient, sans contredit, les plus propres à résoudre le problème délicat de la vision distincte à diverses distances sans l'intervention d'une faculté spéciale d'adaptation. Mais les preuves expérimentales de l'hypothèse de Vallée sur la structure du corps vitré manquent totalement, et les expériences propres à les fournir semblent présenter des difficultés extrêmes.

Après ce long exposé des théories successivement proposées pour l'explication de la vision distincte à diverses distances, il est facile de reconnaître que ce problème important peut être, sinon résolu, du moins réduit à des termes fort simples.

Un premier fait, démontré expérimentalement, est le suivant : l'œil, inapte à percevoir distinctement et à la fois deux objets placés à des distances différentes, peut les voir nettement en les fixant l'un après l'autre. Donc il y a une accommodation spéciale, un changement matériel dans les milieux réfringents de l'œil, pour chaque distance.

Ce premier résultat en amène un autre, à savoir, le rejet de toutes les théories ayant pour point de départ la propriété qu'aurait l'œil d'être adapté à l'avance pour toutes les distances.

(1) *Ouvr. cit.*

Actuellement, jusqu'à quel point peut-on déterminer en quoi consistent les modifications reconnues nécessaires pour l'acte de l'adaptation? Ce n'est pas un allongement du globe oculaire suivant son axe antéro-postérieur, car cette déformation s'étendrait nécessairement à la cornée, et il a été démontré expérimentalement que la courbure de cette membrane est invariable. Quant aux mouvements de resserrement ou de dilatation de la pupille, ils ne peuvent suffire à expliquer l'adaptation, puisque cette faculté continue à s'exercer indépendamment de tout mouvement de l'iris.

On se trouve donc amené, en procédant par voie d'élimination, comme le fit Young, à penser que la faculté d'adaptation doit résider dans l'appareil cristallinien lui-même.

Le cristallin subit-il des déplacements de totalité, ou des changements partiels dans la courbure de ses faces? Évidemment l'élucidation complète du problème qui nous occupe ne dépend plus que de la démonstration directe, expérimentale, de l'une ou l'autre de ces hypothèses.

C'est dans ces termes précis que cette importante question, reprise dernièrement par un physiologiste éminent, a été amenée à une solution qui nous paraît définitive.

Déjà Cramer (1) avait eu l'idée d'appliquer aux images de Sanson la méthode employée par Ramsden et Young pour mesurer le rayon de courbure de la cornée, et démontrer son invariabilité. En observant les images fournies par la réflexion d'un foyer lumineux sur les faces antérieure et postérieure du cristallin, Cramer avait reconnu que les dimensions et la position respective de ces images varient suivant les différents modes d'adaptation de l'œil. Ces images s'éloignent l'une de l'autre au moment de la vision d'objets rapprochés; en même temps, l'image renversée fournie par la face postérieure du cristallin devient plus brillante. Or, de tels effets semblent ne pouvoir s'expliquer que par une augmentation de convexité de la lentille oculaire.

Mais les observations de Cramer, quoique parfaitement exactes, étaient loin de présenter une précision suffisante pour un sujet aussi délicat.

Il était réservé à Helmholtz (2), à qui la science devait déjà la précieuse découverte de l'ophthalmoscope, de donner la démonstration rigoureuse des déformations du cristallin.

A l'aide de l'*ophthalmomètre*, instrument d'une grande précision, qu'il a imaginé dans ce but, Helmholtz est parvenu à déterminer, à 1/100e de millimètre près, pendant les divers états d'adaptation de l'œil, le rayon de courbure de la cornée, la distance de la face postérieure de la cornée au cristallin, le rayon de courbure des deux faces du cristallin, enfin l'épaisseur de cette lentille.

Helmholtz résume ainsi les résultats de ses expériences (3) :

Les changements que j'ai pu constater dans l'œil pour l'accommodation sont les suivants :

1° La pupille se rétrécit; le bord pupillaire de l'iris se porte en avant, et sa partie périphérique se déprime en arrière.

(1) *Het accommodatie vermogen der Oogen*. Haarlen, 1853. — *Tydschrift der Maatschappy vor Geneeskunde*, n° 2, bl. 115; 1851.

(2) *Archiv für Ophthalm*, erster Band, *Zweite Abtheilung*. Berlin, 1855. — Consultez aussi la thèse de MARC SÉE, *De l'accommodation de l'œil, et du muscle ciliaire* (Paris, 1856), où sont exposées avec beaucoup de lucidité les théories relatives à cette question.

(3) *Recueil cit.*, p. 63.

nd dès lors comment la distance de la vue distincte se trouve dimi-
t, plus l'objet se rapprochera de l'œil, plus les rayons émanés de
points seront divergents; leur foyer s'éloignera de la face postérieure
t la vision sera nette quand le sommet des cônes réfractés sera sur

s objets éloignés ne résultant pas d'un effort d'adaptation, mais d'un
général, d'une sorte d'inertie de l'appareil optique, le myope ne
agir contre la trop grande puissance de son organe, et les objets placés
rande distance, envoyant des rayons peu divergents, formeront né-
leur foyer en avant de la rétine et ne pourront être perçus avec

ıs avons énoncé d'une manière générale sur l'adaptation doit être
, chez les myopes et chez les presbytes, la puissance d'accommo-
itée, et ne suffit plus pour combattre de légères imperfections de
que.
tient, en général, à une disproportion primitive des éléments orga-
il; elle peut néanmoins dépendre de certaines circonstances acciden-
tend que les enfants qui lisent ou écrivent en regardant de très près
uvent myopes; cette induction nous paraît peu rigoureuse, car il est
able que, dans ces cas, la myopie est la cause plutôt que l'effet d'une
nte. On attribue le même inconvénient pour la vision à l'usage per-
loupe ou du microscope. Sans nier positivement l'influence fâcheuse
ls sur la portée de la vue, nous croyons que la faculté d'accommo-
ıt guère en être altérée que momentanément, mais qu'une myopie
t rarement avoir une pareille origine.
e concevoir, en tenant compte de l'origine réelle de la myopie, que
doit réellement appartenir à la jeunesse et à l'âge adulte; on com-
que cette imperfection doit plutôt tendre à se corriger chez les vieil-
produire dans la dernière période de la vie.

Il est des hommes chez lesquels la distance de la vue distincte dépasse d'une quantité notable $0^m,25$. Si les détails d'un objet de peu d'étendue ne sont saisis avec netteté que lorsqu'on le porte à $0^m,50$ ou $0^m,70$ de l'œil, la vue cesse d'être normale : l'œil est atteint de *presbytie* ou *presbyopie*.

On trouve, au contraire, des personnes pour lesquelles la vision distincte s'opère à une distance beaucoup plus petite que $0^m,25$. Cette portée de la vue est de $0^m,15$, de $0^m,10$, même pour quelques yeux : ce défaut de l'appareil oculaire caractérise ce qu'on nomme la *myopie*.

Il est intéressant d'examiner à quelles causes on doit attribuer ces deux imperfections, et d'indiquer par quels procédés on a cherché à y remédier.

Il est probable que la *presbytie* a son origine dans le défaut de courbure des surfaces qui terminent les milieux réfringents de l'œil. La cornée imprimant la plus grande déviation aux rayons qui arrivent à l'œil, c'est ordinairement à son aplatissement que l'on attribue l'imperfection dont il s'agit ; mais la forme du cristallin peut avoir la même influence.

Cette opinion trouve sa justification dans ce qu'on observe chez les vieillards : il est très commun de voir des hommes, doués d'une vue normale pendant la jeunesse et la période moyenne de la vie, devenir de plus en plus presbytes à mesure qu'ils avancent en âge. On peut tirer de ce fait vulgaire cette conclusion : tant que les phénomènes de nutrition s'accomplissent avec toute leur activité, l'œil conserve ses dimensions normales ; mais quand la réparation cesse d'être en rapport avec la dépense, l'œil, comme tout autre organe, subit un commencement d'atrophie dans toutes ses parties. On conçoit qu'indépendamment de toute autre cause, la réaction des humeurs sur l'enveloppe extérieure, en diminuant, produise un aplatissement graduel de la cornée, qui suffit pour donner à l'œil le défaut que nous signalons.

Si l'œil du presbyte ne présente pas d'imperfection du côté de la sensibilité, à partir de la limite assignée plus haut, la vision s'opère avec autant de netteté que dans les conditions normales. Le raisonnement rend bien compte de ce fait : on a déjà vu que les efforts d'adaptation ont leur maximum pour la perception des objets visibles les plus rapprochés ; qu'ils vont en décroissant à mesure que la distance augmente ; qu'ils sont nuls pour un foyer situé à l'infini. Pour voir un corps lumineux situé à une faible distance, le presbyte devra exercer toute son énergie d'adaptation, car il s'agira d'imprimer à des rayons trop divergents un degré de convergence suffisant pour que le foyer soit situé sur la rétine. Mais, à partir de ce point, les objets qui s'éloignent seront de plus en plus facilement perceptibles, puisque la condition de leur visibilité résidera dans la diminution successive d'un état actif de l'œil.

Il importe de bien connaître ces faits qui aideront à saisir l'explication de ceux qui se rapportent à la vue des myopes.

La *myopie* tient à une forme des milieux réfringents de l'œil précisément inverse de la précédente : la courbure de la cornée ou celle du cristallin est naturellement exagérée. La convergence imprimée aux rayons pénétrant dans l'œil est telle que ceux qui, avant d'y arriver, n'ont qu'une faible divergence, vont former leur foyer en avant de la rétine. Ils divergent à partir du lieu d'entrecroisement, et l'image qui arrive au fond de l'œil est nébuleuse à cause de la superposition des cercles de diffusion.

nt à un défaut inverse des courbures de l'appareil de la vision, infirmité par l'emploi de lentilles biconcaves. En effet, celles-ci yons qui vont pénétrer dans l'œil une divergence telle, que l'ac- milieux réfringents amène sur la rétine le foyer des rayons pro- acés à la distance ordinaire de la vue distincte.

s vulgairement usitées présentent un inconvénient qui résulte de ırbure de leurs surfaces (1) : les objets peu éloignés de l'axe visuel netteté suffisante, tandis que ceux dont les rayons n'arrivent à ant les bords de la lentille sont vus avec confusion. Cela tient à grande que font éprouver à la lumière les bords de l'appareil

cet inconvénient des lentilles usuelles, Wollaston en a fait con- u'il nomme *périscopiques :* ce sont des lentilles dont la surface est concave, et dont la surface opposée est convexe. Pour les on de concavité l'emporte sur celui de convexité ; la construc- our les myopes. On conçoit facilement, d'après les lois connues de umière dans les lentilles, qu'avec des appareils convenablement s le principe de Wollaston, on puisse détruire les effets fâcheux e réfraction pour les rayons périphériques.

ent de la myopie et de la presbytie, l'appareil oculaire présente tions variées que l'on trouve rapportées çà et là dans les recueils épendantes de certaines irrégularités de ses surfaces réfringentes. de la cornée sont très manifestement différentes dans des plans optique, il en résulte pour la marche de la lumière des pertur- alyse ne peut saisir, mais qui sont assez grandes pour que les eignent sur la rétine présentent des irrégularités incompatibles nette. Un cas de ce genre a été signalé par Airy, astronome anglais. uvant se servir de l'un de ses yeux, qui présentait une irrégu-

une expérience bien connue, et dont le résultat ne semble point difficile à expliquer.

Si l'on place une page d'écriture à une distance plus petite que celle de la vision distincte, on sait que les caractères cessent alors d'être visibles ; mais si l'on interpose entre l'œil et l'écriture une carte percée d'un trou d'épingle, les lettres deviennent immédiatement faciles à distinguer, et l'on peut lire ce qui est tracé.

Dans cette expérience, les caractères cessent d'être nettement visibles, parce que les rayons émanés de chacun de leurs points donnent des cercles de diffusion qui se superposent dans l'image. En réduisant beaucoup l'étendue des pinceaux admis dans l'œil, on diminue assez l'effet de la diffusion des faisceaux réfractés pour que chaque point, comme dans la vision ordinaire, soit représenté par une surface d'une très petite étendue ; dès que le faisceau est assez aminci pour que la superposition des parties voisines de l'image soit nulle ou négligeable, la vision nette devient possible, et c'est en effet ce qui a lieu.

On peut, au moyen d'une chambre obscure, ajouter une preuve expérimentale à cet argument rationnel. La lentille objective présentant une grande étendue, si l'on rapproche assez l'écran pour que l'image qui s'y peint perde toute sa netteté, on obtient, en rétrécissant l'orifice du diaphragme, une image très pure, quoiqu'on n'ait pas fait varier la distance du plan sur lequel elle se forme.

Il est inutile de dire que, dans ce cas, l'image ne présente qu'une très faible intensité, ce qui provient de la grande proportion de rayons éliminés par l'interposition du diaphragme. Mais il faut noter qu'un objet rendu visible à l'aide de pareils procédés sous-tend sur la rétine un angle tel, que ses dimensions doivent paraître plus grandes que si on l'observe à la distance ordinaire de la vision distincte.

J. Müller (1) parle d'une comparaison possible entre les dimensions de l'objet vu au moyen du diaphragme et celle de l'image confuse qui se peint directement dans l'autre œil. On comprend combien est peu rigoureuse l'appréciation d'une grandeur avec un terme de comparaison si imparfait. Il est possible d'ailleurs, comme il le pense, que l'incurvation imprimée aux rayons par la diffraction qu'ils subissent aux bords du petit orifice percé dans la carte ne soit pas étrangère à une amplification apparente.

L'ŒIL EST-IL ACHROMATIQUE?

Si l'on jugeait de la perfection de l'œil, comme appareil d'optique, par l'ensemble des impressions perçues au moyen du sens de la vue, on pourrait être amené à conclure que cet instrument est achromatique, et pourtant cette proposition ainsi formulée serait inexacte.

Un grand nombre d'expériences prouvent, en effet, que l'achromatie complète de l'œil n'existe pas. Avant de les exposer, rappelons que l'achromatisme d'un appareil lenticulaire n'existe qu'autant que tous les rayons élémentaires émanés d'un point blanc extérieur forment leur foyer en un même point: une lentille est dite *achromatique* si la distance focale pour les divers rayons élémentaires qui la traversent est la même.

Or, cette condition est-elle satisfaite dans l'œil? Nous ne le pensons pas, et, à l'appui de notre sentiment, nous citerons d'abord une expérience indiquée par Arago. Elle consiste à regarder une étoile brillante à travers un prisme tenu hori-

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 332.

de manière que son arête soit en haut. Pour fixer les idées, nous sup-
'étoile soit à l'horizon : si l'œil était achromatique, l'étoile, étant un
blanc, devrait donner dans l'œil la sensation d'un spectre linéaire
violet serait en haut et le rouge en bas, les rayons intermédiaires
entre ces deux limites extrêmes. Or, il n'en est pas ainsi : si l'on fixe
parait comme un point, mais le spectre va en se dilatant en une sorte
squ'à la partie rouge; si l'on regarde le rouge, on a dans cette teinte
'un point, et tout le reste du spectre se dilate jusqu'au violet; enfin,
arde la teinte moyenne, le vert, les deux extrémités s'étendent comme
. Ce phénomène tend donc déjà à établir que l'œil n'est pas achro-
que, pour un certain état de l'organe, les diverses teintes élémentaires
pas en même temps au foyer.

ation, faite et signalée pour la première fois par Fraünhofer, vient à
périence d'Arago. Pour la répéter, il suffit d'examiner le fil d'araignée
microscopique, en l'éclairant au moyen de chacun des rayons du
, étant visible pour le rayon rouge, ne peut plus être aperçu si l'on fait
mière violette, à moins que l'on ne fasse varier la distance de l'oculaire.
aussi, contre l'achromatisme de l'œil, une expérience semblable à la
ne lunette achromatique est dirigée sur une étoile et l'oculaire tiré à
onvenable pour la voir avec la plus grande netteté : si l'on place entre
ement une lame de verre violet, puis une autre de verre rouge à faces
llèles, on constate que, dans chacun des cas, l'oculaire n'est plus au
il faut l'éloigner pour le rouge, le rapprocher pour le violet.

outer à ces expériences déjà si concluantes les observations faites
. Il a reconnu, en effet, que, si l'on dispose sur un optomètre sem-
qui a été décrit plus haut des fils diversement colorés, la vision dis-
ère pas à la même distance pour les nuances différentes. Vallée (2) a
endu ces résultats au moyen d'un instrument qu'il a nommé *opto-*

tance à laquelle il se trouve, ses bords se détachent avec netteté sur le fond noir et sont dépourvus de franges ; mais si, dirigeant les yeux sur ce cercle, on fait intervenir l'adaptation pour un point plus rapproché ou plus éloigné, ce qui demande une certaine habitude, la perception cesse d'être nette et en même temps les bords du cercle blanc semblent se colorer. Lorsque l'accommodation des yeux se fait pour un point virtuel plus rapproché que la distance à laquelle se trouve le champ noir, l'image confuse que l'on perçoit semble entourée de bandes colorées, violettes, bleues, jaunes et rouges ; le violet constitue le cercle le plus externe et le rouge le plus interne. Quand l'adaptation est convenable pour un point plus éloigné que le plan du cercle, les mêmes couleurs se voient encore, mais elles présentent des dispositions inverses : le rouge étant extérieur et le violet plus intérieur.

On peut encore mettre en évidence le défaut d'achromatisme de l'œil, en plaçant près de la cornée un obstacle propre à intercepter les rayons qui pénètrent dans une portion de la pupille ; les bandes colorées apparaissent aussitôt autour des objets extérieurs.

D'après tout ce qui précède, nous pensons qu'il est impossible d'admettre l'achromatisme complet de l'œil. Cependant on peut se rendre compte, d'une manière assez satisfaisante, de l'achromatisation des images nettes dans l'œil, en remarquant que cette propriété leur appartient seulement lorsqu'elles résultent de la rencontre des foyers exactement sur la rétine. Dans ce seul cas, les franges colorées, engendrées par la décomposition de la lumière blanche, ont une faible étendue. On conçoit que, la rétine étant placée de telle sorte que le foyer du violet soit un peu en avant de la surface et celui du rouge à une petite distance en arrière, une superposition des rayons élémentaires, dans un espace très petit, puisse donner la sensation du blanc. Aussi, dès que les foyers ne se trouvent plus exactement sur la rétine, la superposition des cercles de diffusion ne s'opère plus, et les couleurs apparaissent, comme cela s'observe dans l'expérience de Scheiner.

Vallée donne de l'achromatisme des images oculaires une explication ingénieuse. Dans l'œil, suivant cet auteur, on doit distinguer deux appareils : l'un, antérieur, qui se compose de la cornée, de l'humeur aqueuse, du cristallin, et qui doit rapprocher le foyer à chaque réfraction, conséquemment courber les rayons en lignes convexes vers l'axe de l'œil ; l'autre, postérieur, qui se compose des couches concentriques du corps vitré, et dont la propriété est de courber les rayons en lignes concaves vers le même axe.

Dans les réfractions du premier appareil, la convergence du faisceau réfracté étant augmentée à chaque réfraction, le foyer du rouge est en avant, celui du violet en arrière, et ces deux foyers s'éloignent de plus en plus. Pour l'appareil postérieur, c'est tout le contraire : le pinceau réfracté converge de moins en moins ; le foyer violet, qui serait en avant pour chaque réfraction, si le rayon incident était un rayon blanc, se rapproche du foyer du rayon rouge, et l'écartement de ces deux foyers diminue. Conséquemment, d'après Vallée, il s'établit une compensation de réfrangibilité entre l'appareil antérieur et l'appareil postérieur, et les rayons, en traversant l'œil, tendent vers l'achromatisme. Pour une certaine distance, l'œil pourrait donc être achromatique, comme le sont nos bonnes lunettes.

Assurément, si la disposition des éléments du corps vitré était celle que Vallée admet, on pourrait regarder sa théorie comme fort satisfaisante ; mais, nous le savons déjà, une pareille disposition est purement hypothétique.

Qu'il nous soit permis de rappeler ici, en terminant, qu'Euler (1) admit l'achromatisme de l'œil et en fit le point de départ des recherches qui devaient amener la découverte des lois physiques de l'achromatisme et la construction des appareils achromatiques, que Newton considérait comme impossible, en admettant une proportionnalité erronée entre le coefficient de dispersion et le coefficient de réfraction des milieux transparents.

DE LA DIRECTION SUIVANT LAQUELLE SONT VUS LES OBJETS.

Cette question, l'une des plus importantes de la théorie de la vision, a donné lieu à bien des controverses, comme la plupart des questions physiologiques qui ne peuvent être abordées que par le raisonnement sans le secours de l'expérience.

Pour embrasser la question de la direction de la vue dans toute sa généralité, il importe de faire observer d'abord que la rétine est disposée en surface sphérique. Chacun des rayons qui pénètre dans l'œil, en émanant des différents points d'un objet, forme un faisceau conique dont le sommet arrive sur la membrane nerveuse, et tous les cônes sont ordonnés par rapport à une ligne fictive passant par le centre optique. On peut admettre que le centre optique se confond sensiblement avec le centre de la surface sphérique de la rétine. Prenant un des éléments quelconques de la rétine, supposons un point radieux extérieur envoyant un faisceau de lumière de direction définie : si, après la réfraction, l'axe du cône, dont le sommet est à la rétine, passe par la particule supposée de cette membrane, il en résultera une sensation déterminée ; et, toutes les fois que la même particule sera ébranlée de la même manière, on aura la perception d'une direction analogue.

Il existe donc une relation tellement définie entre la direction des rayons qui arrivent à l'œil, le centre optique et l'orientation des éléments de la rétine, que l'inclinaison des rayons incidents étant la même par rapport à l'axe optique, la notion de direction qui en résultera sera pour nous constamment identique. Nous sentirons l'état d'une particule nerveuse, et, comme cet état ne peut être le même que par une condition semblable dans les agents physiques qui l'affectent, nous reporterons sur leur direction l'identité d'impression qui aura été perçue.

Quant au sentiment d'extériorité des objets perçus au moyen de l'appareil de la vision, un pareil sujet, quoiqu'il ait été beaucoup discuté, me semble ici tout à fait inabordable. Que sait-on, en effet, sur la nature des sensations ? Il serait tout aussi impossible d'approfondir ce point purement psychologique, que de chercher à déterminer pourquoi des rayons de telle réfraction donnent la sensation du violet, des rayons de telle autre celle du rouge ou du jaune. Les appareils des sens, jetés entre le moi intellectuel et le monde extérieur, présentent au physiologiste un vaste sujet d'études ; mais il doit savoir s'arrêter à une certaine limite circonscrite par les données de l'anatomie et des sciences physiques, sous peine de se laisser entraîner à des idées purement spéculatives.

Plusieurs opinions ont été émises sur la direction suivant laquelle les objets

(1) *Lettres à une princesse d'Allemagne*, lettre 13e, trad. de Labey, t. I, p. 195.

extérieurs sont perçus par l'appareil de la vision. Suivant Porterfield (1), tout point extérieur est vu dans la direction d'une ligne qui, partant de son image sur la rétine, passe par le centre de la surface sphérique de cette membrane.

Rob. Smith (2) admet que la direction du regard se confond avec l'axe du cône lumineux qui, partant de l'objet, a son sommet sur la rétine même.

D'Alembert, ayant soumis ces deux hypothèses à l'épreuve du calcul, d'après les données fort incomplètes qu'il possédait sur les courbures des milieux réfringents de l'œil et sur les indices de réfraction de ces substances transparentes, arriva à conclure que la grandeur apparente des objets était très différente, suivant que l'on adoptait l'une ou l'autre de ces deux manières d'interpréter la direction de la vue. Cette déduction analytique le porta à les rejeter toutes deux, et à proposer une opinion nouvelle. D'après cet illustre géomètre, l'œil voit toujours les différents points d'un objet dans la direction de chacune des lignes droites passant par tous les points de l'objet et la représentation de chacun de ces points sur la membrane nerveuse.

Mais la théorie de d'Alembert ne s'appuie, comme il l'avoue lui-même, sur aucune raison probante : je ne fais donc que la mentionner.

D'ailleurs, Brewster (3) a soumis de nouveau au calcul les trois opinions précédentes. Cette étude, faite avec la connaissance approfondie des données physiques qui manquaient au géomètre français, lui a prouvé que ces trois lignes représentant la direction de la vue sont à une si faible distance les unes des autres, que, « avec une inclinaison de 30 degrés, une ligne perpendiculaire à la rétine au point impressionné passe par le centre de l'œil, et ne diffère pas de la vraie direction de la vision de plus d'un demi-degré, déviation trop petite pour porter préjudice à la vision en ligne droite de l'objet. »

Brewster arrive, en dernière analyse, à un résultat dont l'énoncé diffère assez peu du principe que nous avons reconnu pour que nous puissions aussi l'admettre. « Comme le globe de l'œil, dit-il, est à peu près sphérique, toutes les lignes qui sont perpendiculaires à la rétine passent par un même point, c'est-à-dire par le centre de la surface de la rétine. A cause de cela, ce point peut s'appeler le centre des rayons visuels, car chaque point de l'objet est vu dans la direction d'une ligne qui joint ce centre et le point regardé. »

A la question de la direction de la vue se rattache, d'une manière immédiate, la solution d'un des problèmes les plus délicats de la vision : nous voulons parler de la propriété remarquable que possède l'œil d'assigner aux objets la position qu'ils présentent réellement comme l'indique le sens du toucher, bien que l'image peinte sur la rétine soit renversée en réalité.

Vue droite avec des images renversées.

Parmi les diverses opinions proposées pour rendre compte de la vue droite avec des images renversées, celle de Lecat (4), qui subordonne les notions acquises par le sens de la vue aux notions que donne le toucher, a compté un assez grand nombre de partisans.

(1) *A Treatise on the Eyes, the Manner and Phenomena of Vision*. Edinburgh, 1759, t. I.
(2) *Complete System of Optics*. Cambridge, 1738, t. II.
(3) *Biblioth. univ. de Genève*.
(4) *Œuvres physiologiques*. Paris, 1767, t. II, p. 417.

« Comment, dit cet auteur, l'âme rapporte-t-elle au bas de l'objet la sensation qu'elle reçoit au haut du fond de l'œil, et à droite l'impression qu'elle reçoit à gauche? Le grand maître que l'âme a suivi dans cette réforme est le sentiment du toucher. Cette seule sensation est le juge compétent, le juge souverain de la situation des corps; c'est ce maître, qui le premier nous a dit que nous marchions debout, et qui, sur cette première règle, nous a donné la véritable idée de la situation des autres corps. L'âme a été convaincue par les démonstrations de ce sens; car elles sont sans réplique, et elle sait d'ailleurs que les yeux sont en cela fort trompeurs; elle a donc dit : Puisque cet homme, que mes mains et la propre situation de mon corps m'ont démontré être debout, m'envoie dans l'œil une image renversée, dorénavant je jugerai droits tous les objets qui se peindront renversés dans l'œil, et je jugerai renversés tous ceux qui s'y peindront droits; le jugement de raisonnement a été bientôt suivi du jugement d'habitude, et l'habitude une fois établie, c'est une énigme à deviner que la façon dont l'âme peut voir, c'est-à-dire juger les objets droits, quoiqu'ils soient renversés dans l'œil. »

Assurément, s'il y avait besoin d'une rectification des impressions produites par le sens de la vue, le toucher pourrait intervenir et donner, sur la véritable position des objets, des notions certaines en les rapportant à la direction des diverses parties du corps. Mais, pour faire intervenir ce sens comme un régulateur des impressions visuelles, il faudrait d'abord savoir si les relations qui existent entre les différents points d'un objet éclairé et les particules de la rétine qu'ils affectent ne sont pas les seules qui donnent à l'intelligence la notion réelle sur la position de l'objet. Nous développerons bientôt cette proposition. Disons toutefois, dès à présent, que la théorie de Lecat, basée sur le raisonnement seul, n'est appuyée d'aucune expérience, et que de plus les observations ayant cours dans la science, d'aveugles-nés qui ont recouvré la vue, lui sont tout à fait contraires. Jamais il n'a été fait mention des illusions auxquelles aurait dû donner lieu le prétendu renversement des impressions visuelles, ni de l'éducation spéciale à laquelle ces individus auraient dû se soumettre pour les rectifier.

J. Müller (1) et Volkmann (2) ont émis une opinion que beaucoup de physiologistes partagent avec eux. D'après ces auteurs, nous ne jugeons de la position des objets que par la relation qu'ils présentent avec les corps qui les environnent; peu importe qu'ils soient droits ou renversés, si tous offrent les mêmes rapports dans la représentation oculaire.

Rien ne peut être renversé, a-t-on dit, quand rien n'est droit, car les deux idées n'existent que par opposition.

Une pareille manière de raisonner est spécieuse, et le succès de cette théorie le prouve assez. Cependant nous ne la croyons point exacte. Le terme de comparaison, qu'on suppose ne pas exister, manque en effet dans la représentation des objets extérieurs qui se fait sur la rétine; mais nous n'en avons pas moins le sentiment de la position que nous occupons, par une foule de conditions physiques auxquelles nous sommes assujettis. C'est par rapport à nos organes mêmes, et non pas seulement d'après les parties diverses des images peintes sur la rétine, que nous jugeons de leur position. Si la théorie précédente était vraie, il faudrait admettre que, s'il était un instant possible de supposer que les images renversées dans notre œil de-

(1) *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere*, etc. Leipzig, 1826.

(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, 1836.

vinssent droites, nous n'en aurions pas la perception, puisque, dans ce cas comme dans le précédent, toutes les parties de l'image se trouveraient les unes par rapport aux autres ordonnées de la même manière. Mais il n'en est point ainsi ; car, si l'on regarde des objets terrestres dans une lunette astronomique, en ayant soin d'empêcher toute image directe de pénétrer dans l'œil, quoique les parties de tout ce qu'on voit se trouvent dans le même rapport, on aura la sensation d'objets renversés ; et cette sensation naîtra, non pas de termes de comparaison pris dans les perceptions oculaires, comme le voudraient les physiologistes que j'ai cités, mais dans ces conditions de position de tout notre organisme auxquelles nous faisons allusion.

Lamé (1) présente, sur le même sujet, une théorie ingénieuse. « L'image d'un objet sur la rétine est, dit-il, évidemment renversée par rapport à la position de l'objet lui-même. Nous jugeons cet objet droit par la conscience des différents mouvements que nous sommes obligés d'imprimer aux axes optiques de nos yeux, pour regarder successivement les différentes parties de cet objet, en les abaissant de son sommet à sa partie inférieure. »

Dans l'opinion de ce physicien, ce serait en procédant d'une façon analogue au sens du toucher que nous parviendrions à acquérir sur la véritable position des objets des notions exactes. Mais on peut reconnaître aussi que cette hypothèse est insuffisante. Sans doute, si le seul point de l'image qui se trouve dans la direction de l'axe optique pouvait être vu à un moment donné, et s'il fallait, pour avoir la notion des objets environnants, imprimer au globe oculaire des mouvements tels que chacun de leurs points vinssent successivement occuper cette partie de la rétine, l'interprétation de Lamé devrait entraîner la conviction. Mais en est-il réellement ainsi ? Nous ne le croyons pas, et l'expérience de tous les instants le démontre. Assurément, dans la représentation des objets extérieurs sur la rétine, il n'y a qu'une portion excessivement restreinte de l'image, celle qui se trouve dans la direction de l'axe optique, qui se peint avec netteté ; mais il n'en est pas moins vrai que toutes les parties du champ de la vision, c'est-à-dire toute la portion de la rétine affectée, donnent encore une notion suffisante sur la position des objets environnants.

On ne peut, pour interpréter les relations des images avec les perceptions, faire intervenir, dans la majorité des cas, le mouvement des muscles oculaires, puisque les rapports des diverses parties de l'image sont saisis, bien que l'œil conserve une immobilité complète.

Les notions sur la direction de la vue précédemment exposées nous paraissent devoir conduire à la seule explication satisfaisante du phénomène qui nous occupe.

Il faut considérer la surface sphérique concave de la rétine comme formée par une mosaïque dans laquelle chaque particule élémentaire est une sorte d'œil affecté à la perception des diverses impressions lumineuses suivant une direction déterminée. Tout pinceau de lumière émané d'un point radieux, qui formera un cône ayant son sommet sur cet élément et son axe normal en ce lieu de la rétine, sera senti, comme nous l'avons dit, dans la direction de la ligne joignant le centre de la surface sphérique au point regardé. Si l'on raisonne ainsi, pour un second point radieux, puis enfin pour tous ceux qui constituent l'ensemble d'un objet visible, il est évident que la perception de chacune des parties se faisant dans la direction réelle, celle de tout l'ensemble se trouvera dans les mêmes circonstances par rapport à l'individu.

(1) *Cours de physique*, t. II, p. 245.

C'est donc dans l'ordonnation des éléments de la rétine sur une *surface concave*, dans la perception en quelque sorte individuelle pour chacune de ces particules, que nous semble résider réellement la propriété remarquable dont jouit l'œil de juger avec exactitude de la véritable situation des objets.

Cette interprétation aurait sans doute besoin de preuves expérimentales qui lui manqueront probablement toujours. Toutefois on sera d'autant moins éloigné de l'adopter qu'on voudra bien embrasser cette idée, que l'image formée sur la rétine n'est pas vue comme un ensemble tout fait, mais que chacun des points concourant à sa formation impressionne isolément l'appareil nerveux. Tout le problème, ramené à cette considération, se réduit à la solution de cette question : Est-il possible qu'un point lumineux extérieur soit senti dans l'œil suivant la direction qu'il occupe par rapport à nous ?

DE LA VISION AVEC LES DEUX YEUX.

Les phénomènes visuels viennent d'être étudiés indépendamment du concours des deux yeux. Il s'agit maintenant de tenir compte de l'action simultanée de ces organes et des résultats auxquels elle donne lieu : malheureusement, cette partie si intéressante de la physiologie optique est encore trop peu avancée pour donner la solution de tous les problèmes qu'elle renferme.

De la vue simple ou double au moyen des deux yeux.

Malgré la formation de deux images dans les deux yeux d'après les principes déjà énoncés, il est incontestable que, dans les circonstances normales, on voit simples les objets qu'elles représentent : cherchons à apprécier les conditions dans lesquelles ce phénomène se manifeste.

Un objet extérieur est vu simple, au moyen des deux yeux, toutes les fois qu'il occupe le sommet de l'angle que les axes optiques forment en se croisant. Quand l'objet est situé à une distance infinie, ce point de croisement est aussi à l'infini ; c'est-à-dire que ces lignes sont sensiblement parallèles. Plus la distance diminue, plus l'angle des axes optiques devient grand.

Dans les conditions ordinaires de la vue, un objet lumineux étant situé en a (fig. 19) sera vu simple lorsque l'axe de l'œil O aura la direction Oa, et celui de l'œil O′ la direction O′a, c'est-à-dire que l'objet paraîtra unique, s'il se trouve placé au point d'intersection des deux axes optiques.

Cette direction des axes des deux yeux est nécessaire à la manifestation du phénomène ; car, si l'on vient à changer celle d'un œil, en déplaçant cet organe par une pression exercée au moyen du doigt, l'objet semble se doubler, deux images apparaissent, qui s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que le déplacement qu'on fait subir à l'un des yeux est plus considérable.

La position des axes optiques joue un rôle si important dans la perception simple au moyen des deux yeux, que deux objets semblables, placés dans la direction des axes convergents vers un certain point, donnent la sensation d'un objet unique dont la position est rapportée par l'observateur au sommet de l'angle de convergence.

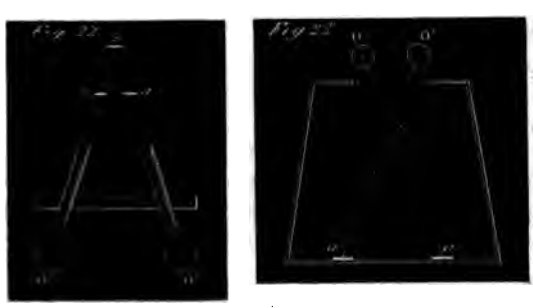
C'est ce qui a lieu pour les deux yeux OO′ (fig. 20, 21) dont les axes se coupent au point S. Si on leur présente deux objets semblables *aa*, que ceux-ci soient identiquement placés dans la direction des axes optiques, en deçà ou au delà de leur point de croisement, l'observateur verra un seul objet *a* qui lui semblera situé au point S.

On peut remarquer que, suivant la position des objets en avant ou en arrière du point de convergence des axes, les rayons donnant lieu aux images, dans chacun des yeux, émaneront de points différents. Si les objets semblables *a* sont situés en deçà de S, l'objet de droite sera vu par l'œil droit, celui de gauche par l'œil gauche. Lorsqu'ils sont placés au delà du sommet de l'angle des axes, l'objet de droite est vu par l'œil gauche, celui de gauche par l'œil droit.

On conçoit qu'il faille une certaine habitude d'imprimer aux yeux des directions bien définies, et jusqu'à un certain point contraires à celles qui servent ordinairement à la vue, pour que ces expériences soient suivies de succès.

Wheatstone (1), à qui elles sont dues, indique le procédé suivant comme propre à rendre leur réussite indépendante de l'habileté de l'observateur.

Veut-on obtenir la convergence des axes au delà des deux objets semblables présentés aux yeux, on se sert de deux cylindres creux, mobiles dans le même plan (fig. 22), et auxquels il est possible de donner une direction telle que leurs axes se coupent en un point déterminé.



Les objets *a* étant dans la direction de ces lignes, on place les yeux en OO, et ils reçoivent ainsi la situation nécessaire à la perception d'un objet unique rapporté au sommet S.

Pour faciliter le croisement des axes optiques en avant des objets, Wheatstone se sert d'une caisse (fig. 23) percée d'une ouverture devant laquelle les yeux devront être placés: en un point S, qui est le sommet de l'angle de convergence dont la distance aux yeux peut être variable, il fixe une aiguille très déliée ; en *aa*, dans la direction des axes optiques et derrière le lieu de croisement, sont les objets identiques. Les deux yeux étant dirigés vers S, on perçoit une seule image de *a* en ce point.

Ces preuves de la relation qui existe entre la direction des axes optiques et la vision simple des objets sont du plus haut intérêt pour la question qui nous occupe.

Lorsque la vision s'opère avec les deux yeux, l'ensemble des objets perçus, et qui constituent le champ de la vision pour chacun des yeux, paraît également

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e sér., t. II.

bissectrice de l'angle des axes. Agulonius admet, et cette
ar Porterfield (2), que tous les objets vus au moyen des deux
paraissent dans le plan de l'horoptre. Il en déduit que tous
dans le plan de l'horoptre doivent paraître simples, puisque
eulement que se trouvent les points d'intersection des lignes de
laquelle se voit un point quelconque d'un objet.
orie, un objet placé hors du plan de l'horoptre ne sera donc
, puisque, dans ce cas, le lieu de l'intersection des lignes de la
era nécessairement situé au delà ou en deçà de ce plan.
lente est réfutée par les expériences déjà citées de Wheatstone.
e démontrent-elles pas, en effet, que des objets convenable-
rapport aux axes visuels peuvent paraître simples lors de la ren-
niers, bien qu'ils soient situés en avant ou en arrière du plan

part des physiologistes modernes se soient abstenus de donner
la vision simple au moyen des deux yeux, plusieurs ont indiqué
vant eux, indispensable à la production d'un pareil phénomène.
chaque rétine comme composée d'un même nombre d'éléments
de la même manière par rapport à l'axe optique : ces particules
rapport tel avec le *sensorium*, que si deux ou plusieurs particules
le chacune des rétines sont ébranlées en même temps, il en ré-
ssion unique.
er quelles sont les portions de la rétine qui se correspondent,
ours à des sensations subjectives, comme celles qu'on provoque
le globe de l'œil recouvert des paupières, une pression légère au
.
l'on presse ainsi normalement l'angle interne de chacun des yeux,
anique déterminera l'ébranlement des portions externes des deux
ra la sensation de deux surfaces circulaires faiblement lumineuses.

On peut induire de ces expériences, que ces éléments des rétines ne se correspondent pas, puisque toutes les fois qu'on les a ébranlés en même temps, il en est résulté une sensation particulière pour chaque œil.

Le même procédé peut être mis en usage pour rechercher les portions des rétines qui se correspondent par leurs relations avec le *sensorium*. Que l'on exerce une pression sur l'angle interne de l'un des yeux et sur l'angle externe de l'autre, il est toujours facile de diriger l'action mécanique de manière que les deux cercles lumineux semblent se superposer complétement, et qu'il en naisse une sensation unique. Le même phénomène surviendra si l'on comprime en même temps la partie supérieure ou la partie inférieure des deux yeux.

Il est donc permis de conclure que les éléments des deux rétines sont situés, dans chacun des yeux, de manière que ceux de la portion droite de l'œil droit sont correspondants à ceux de la portion droite de l'œil gauche, et que les éléments de la portion gauche de l'œil droit sont identiques avec ceux de la portion gauche de l'œil gauche. Il y a une correspondance analogue entre les éléments de la partie inférieure et de la partie supérieure de la surface sensible des deux yeux.

Pour définir avec plus de précision la position qu'occupent, dans les deux yeux, les éléments correspondants des rétines, on peut encore dire, avec J. Müller (1), en assimilant la surface de la membrane sensible à un ellipsoïde dont le pôle occuperait le point traversé par l'axe optique, que, sur une coupe de la rétine, les points correspondants se trouvent toujours situés sur le même méridien et sur le même parallèle.

La position des points correspondants des rétines étant connue, on admet que, dans la vision binoculaire, les images d'un objet donneront une sensation unique dans les cas seulement où elles viendront se peindre sur des éléments identiques.

C'est ainsi (fig. 24) que, pour deux yeux O, O', un objet de petite dimension situé en A, c'est-à-dire au point d'intersection des axes, donnera deux images en *a*, *a'*, qui, affectant des points correspondants, se confondront dans le *sensorium* en une perception unique.

Mais les yeux étant fixés en A, on ne voit pas immédiatement quelle devra être la position des points B et C, par rapport à ces organes, pour que les images *b*, *b'*, d'un côté, les images *c*, *c'*, d'un autre, affectent les éléments correspondants.

La théorie de la synesthésie des éléments de la rétine ayant de nombreux et savants partisans en Allemagne, quelques-uns ont cherché à déterminer la courbure de la ligne sur

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 367.

ne conduit à admettre que tous les objets situés sur une cir-
t par trois points donnés, les deux centres oculaires et le lieu
axes, sont les seuls qui, à un instant donné, seront vus simples
x yeux.

remarquer deux propriétés singulières du cercle présentant les
ées. On voit d'abord que l'arc compris entre deux points de la
ferme un nombre de degrés double de celui qui intercepte son
ne : ce fait résulte de ce que les angles cOa et $c'O'a'$, bOa et $b'O'a'$
ndis que COA et CO′A, BOA et BO′A ont leur sommet sur la cir-
cercle. La seconde propriété consiste en ce que les axes optiques
ntrer en un point quelconque de cette circonférence, en formant
angle. Il est évident, en effet, que tous les angles OBA′, OAO′, OCO′
sure.

nous venons d'exposer, telle qu'elle a été admise jusqu'ici, indique,
indispensable de la vision simple avec les deux yeux, la formation
parfaitement identiques sur les deux rétines. Il nous reste à démon-
ndition ne peut être admise d'une manière absolue, et que, dans
ne sensation nette, mais d'une nature toute spéciale, est possible
s dissemblables.

qui viennent à l'appui de cette dernière proposition sont fournies
Wheatstone, l'un des plus importants qui aient été faits dans ces
sur la théorie de la vision.

nent reconnaître que, dans la vision des objets à trois dimensions,
nes avec chaque œil sont différentes : il en résulte, pour le *senso-*
ion de la solidité ou du relief. C'est en partant de cette observation
a prouvé que deux images planes, présentées dans la direction des
t représentant les projections d'un objet solide supposé placé au
tion des axes pour chacun des yeux, donnent précisément la sen-
dont elles sont les figures. Nous ne dirons donc pas, nous éloignant

A leur rencontre, ils sont assujettis sur un même pied B, vers le milieu d'une planchette verticale, échancrée de chaque côté pour que les yeux, placés immédiatement en avant, aperçoivent facilement ces miroirs. DD′ sont deux caisses verticales qui reposent sur deux tiroirs *cc′* glissant l'un vers l'autre, de manière qu'elles peuvent être placées à différentes distances des miroirs. Dans les expériences qui suivent, il est nécessaire que chaque caisse se trouve à la même distance du tiroir opposé. Pour atteindre ce but, l'auteur a employé une vis *v* dont le filet est incliné d'un côté à droite, et de l'autre à gauche; ses extrémités s'engagent à travers les écrous *ee′* placés à la partie inférieure des caisses DD′: de cette façon, quand on tourne la tête de la vis dans un sens, les caisses se rapprochent; elles s'éloignent quand on la tourne en sens contraire. Ainsi les deux caisses sont toujours également distantes de la ligne médiane F. EE′ sont deux châssis qui vont et viennent dans les coulisses pratiquées contre les caisses; on y assujettit les dessins de telle sorte que les lignes horizontales correspondantes se trouvent dans un même plan de niveau.

L'observateur doit placer les yeux aussi près que possible des miroirs, l'œil droit devant le miroir de droite, l'œil gauche devant celui de gauche. Alors il fait mouvoir, en avant ou en arrière, les deux châssis EE′, jusqu'à ce que les rayons réfléchis coïncident avec les axes optiques, et donnent une image dont la grandeur apparente s'accorde avec les dessins. Cette coïncidence des rayons réfléchis aura déjà lieu, à la vérité, lorsque les châssis oscilleront, de part et d'autre, de leur position, et, conséquemment, lorsque les dessins seront vus sous un angle optique différent. Mais il n'y a qu'une seule position des dessins où l'on ne distingue, au moyen de leurs deux images réfléchies, qu'un seul objet de la vraie grandeur qu'il doit avoir, et sans que les yeux fassent d'efforts. Alors les deux images sont sur les rétines dans le rapport de grandeur habituelle, les axes optiques ont juste l'inclinaison qui convient, et les yeux se trouvent ajustés, comme ils en ont l'habitude, pour la vision distincte à cette distance.

Si les dessins sont tous faits de telle sorte qu'ils conviennent seulement au cas où les axes optiques se coupent à une distance de six ou huit pouces, l'instrument se simplifie en tant que les deux caisses DD′ sont maintenues à une distance déterminée des miroirs sans avoir recours à la vis *v*. On peut aussi ôter les châssis, et faire mouvoir les figures dans les coulisses pratiquées aux caisses.

Lorsque, au moyen de cet appareil, on fixe deux dessins réfléchis par les miroirs, de façon que les images se trouvent placées dans la direction des axes optiques, il en résulte une sensation toute spéciale que je vais faire connaître. Si les dessins présentés aux yeux sont les projections différentes d'un solide, telles qu'elles seraient vues par chacun des yeux, en supposant le corps placé au sommet de l'angle des axes, l'observateur aura la sensation que fait naître en lui un objet à trois dimensions.

C'est ainsi que les images de la figure 27 donneront, dans le stéréoscope, la sensation d'un cône ; celles de la figure 28, la sensation d'une pyramide quadrangulaire à sommet tronqué, etc.

Mais nous ne pouvons indiquer ici toutes les expériences intéressantes faites au moyen de l'appareil de Wheatstone ; elles nous éloigneraient de notre but principal. Qu'il nous suffise de faire remarquer que, suivant plusieurs physiologistes, elles portent une atteinte grave à la théorie des points identiques. Nous croyons cette conclusion peu rigoureuse, car il faudrait démontrer d'abord que la perception de la solidité, du relief, est une sensation simple. Or, toutes les conditions nécessaires à sa génération indiquent qu'il n'en est point ainsi : nous continuerons donc à dire que deux images semblables, peintes dans les deux yeux sur des éléments correspondants, sont seules capables de donner une impression unique, impression identique dans la vue avec les deux yeux ou avec un seul œil. Deux images plus ou moins dissemblables, mais représentant les projections, dans chacun des organes visuels, d'un même solide supposé au point d'intersection des axes, impressionnent d'une telle manière les éléments groupés sur la rétine autour de l'axe visuel, que, par un mystère de notre organisation inconnu comme tous les phénomènes primitifs sensoriaux, il en résulte la sensation de relief. Et qu'on le remarque bien, car on ne saurait trop insister sur un point, cette dernière sensation naît exclusivement de cet ensemble de conditions différentes de celles qui amènent la vue simple au moyen des deux yeux.

Récemment, Giraud-Teulon (1) a donné de la sensation du relief une explication qui permettrait de faire concorder ce phénomène avec la théorie des points harmoniques des rétines. D'après cet auteur, dans la vision binoculaire réelle, comme dans la vision stéréoscopique, il s'opère un travail d'accommodation intérieure, différent pour chaque œil, et qui a pour effet direct d'amener des points analogues des rétines à la rencontre des faisceaux lumineux émanés d'un même point de l'objet considéré, mais sous-tendant des angles différents, dans chaque œil. Cet acte aurait pour agent le muscle de Brücke ou tenseur de la choroïde, qui produirait des plis ou ondulations dans cette membrane, et par suite à la surface rétinienne elle-même. Cette théorie ingénieuse a été habilement développée par son auteur. Il est à regretter que les hypothèses sur lesquelles elle repose n'aient pas encore été confirmées par l'expérience.

On vient d'apprécier les conditions dans lesquelles doivent se trouver placés les objets pour qu'ils apparaissent simples dans la vision au moyen des deux yeux. Il résulte, des faits précédemment exposés, que, dans l'ensemble des corps qui frappent nos regards, quand l'espace qui se déroule devant nos yeux est un peu étendu,

(1) *Mécanisme de la production du relief dans la vision* (*Principes de mécanique animale*, Paris, 1858).

il n'en est qu'un certain nombre qui satisfont, à un moment donné, à ces conditions de vision unique, les autres ne tombant pas sur des éléments correspondants des deux rétines. On peut s'expliquer néanmoins pourquoi le fait de la duplication de ces images ne nous frappe pas : en effet, les deux yeux se dirigeant vers l'objet qui attire l'attention, l'image de ce dernier se peint, pour chacun d'eux, précisément dans la direction de l'axe optique, c'est-à-dire sur la portion de la rétine douée de la plus exquise sensibilité; tout le reste du tableau ébranle des éléments dont les propriétés sensoriales sont assez obtuses pour que l'encéphale ne discerne pas si l'impression qui en résulte est simple ou multiple.

C'est là ce qui se passe dans les circonstances ordinaires de la vision. Mais on peut constater facilement, que si les regards embrassent une série d'objets situés à des distances très différentes entre elles, on voit simples, au moyen des deux yeux, seulement les objets sur lesquels les axes oculaires convergent, et qui sont placés sur une même courbe de vision simple.

Dans toutes les circonstances où les forces musculaires nécessaires pour imprimer aux yeux des directions bien déterminées ne sont plus complétement sous l'empire de la volonté, la vision au moyen des deux yeux cesse d'être simple. Comment en serait-il autrement, lorsque l'appareil moteur oculaire est inapte à amener les images semblables, formées par les appareils réfringents de chacun des yeux, sur des éléments correspondants des deux rétines? Aussi observe-t-on la diplopie dans la plupart des cas où le centre encéphalique est le siége d'une affection grave; c'est encore ce qu'on observe lorsque certains agents toxiques, dont l'influence s'exerce spécialement sur l'encéphale, viennent à être introduits dans l'économie.

De la prépondérance successive de l'un des appareils visuels dans quelques cas particuliers. — Il s'établit parfois entre chacun des appareils visuels une sorte de lutte en vertu de laquelle l'impression produite sur l'un d'eux cesse de parvenir jusqu'au sensorium.

On démontre ce fait par diverses expériences dont quelques-unes, assez intéressantes, peuvent être faites au moyen du *stéréoscope*. On trace sur deux papiers blancs deux circonférences de même rayon, et dans le cercle qu'elles limitent on inscrit deux lettres différentes, mais de même grandeur, un A et un R par exemple. En observant ces deux images convenablement disposées dans l'appareil, on constate qu'il est très difficile de voir simultanément les deux lettres superposées. Une seule d'entre elles est d'abord vue nettement, l'autre n'apparaît pas; mais bientôt celle que l'on voyait semble se briser, puis elle disparaît au moment où la seconde se montre au contraire avec netteté. Ces alternatives se reproduisent plusieurs fois, si l'on donne à l'expérience une certaine durée. On n'a la sensation d'un cercle unique, contenant les deux lettres superposées, qu'après un laps de temps plus ou moins long suivant les observateurs; elle n'a jamais lieu d'après Wheatstone.

Voici d'autres expériences qui mettent encore mieux dans tout son jour le phénomène dont il s'agit : la première idée en paraît appartenir à Dutour (1). Elles consistent à impressionner simultanément les rétines par des rayons lumineux d'une couleur différente pour chacune d'elles. On peut, pour arriver à ce but, ou

(1) *Collect. des savants étrangers*, t. III, p. 514, et t. IV, p. 241.

leux impressions finissent par se confondre, et il en résulte une
qui bientôt est remplacée à son tour par les alternatives signalées.
fait cette remarque intéressante, que souvent la superposition des
rentes n'a pas lieu d'une manière uniforme dans tout le champ de
elle des teintes qui prédomine semble parsemée de taches offrant
yons lumineux qui affectent l'autre œil.

lans les expériences analogues qu'il a faites au moyen du sté-
ntionne pas le fait de la superposition des impressions colorées, ni
tion des taches d'une couleur dans le champ visuel de l'œil dont
nante. Il est à croire que cet observateur n'a pas prolongé suffi-
e de ses expériences : c'est ce qui lui a fait admettre la succession
uniques comme résultat absolu de ses recherches, et lui a fait re-
ent la perception d'une sensation mixte née du concours de deux
ntes.

ons de Foucauld et Jules Regnauld (2) confirment la remarque de
t reconnu d'abord que la composition des teintes s'opérait facile-
plus, réalisant par des dispositions convenables une expérience qui
aparfaitement tentée par d'autres physiciens, ils ont démontré que,
x complémentaires de lumière naturelle tombent simultanément
correspondantes des deux rétines, ces faisceaux font naître la sen-
mière blanche par une impression chromatique différente dans
.

ible de méconnaître l'intérêt qui s'attache aux faits que nous venons
re. Ils peuvent être résumés de la manière suivante. Quand les deux
ressionnées simultanément par des images tout à fait dissemblables
ns de deux couleurs, plusieurs cas se présentent dans les percep-
ultent. Dans les premiers temps de l'expérience, c'est tantôt l'œil
il gauche qui l'emporte sur l'autre, et l'impression reçue par l'or-
est seule transmise à l'encéphale. La prépondérance de chacun des

taches plus ou moins étendues offrant la teinte de la couleur des rayons qui arrivent à l'œil en apparence inerte. Ce fait semble démontrer que la rétine ne jouit pas dans toute son étendue d'une égale sensibilité. Les portions correspondantes aux taches doivent être considérées comme privées en totalité ou en partie, au moment de l'expérience, de la faculté de recevoir les impressions lumineuses.

Foucault et J. Regnauld ont reconnu que l'insensibilité partielle des rétines n'est pas permanente, ce qui est indiqué par le déplacement et le changement d'étendue des taches ; que l'on peut faire naître à volonté des taches, c'est-à-dire suspendre l'activité d'une portion de la rétine par divers moyens, et surtout en l'impressionnant par une vive lumière. La durée de l'inertie est alors généralement proportionnelle à l'intensité ou à la durée de l'ébranlement qui l'a engendrée.

Ces expériences semblent venir encore à l'appui de l'hypothèse qui considère les fibres nerveuses, émanées de chacun des éléments correspondants des deux rétines, comme devant se terminer au même point de l'encéphale.

Il existe un grand nombre de circonstances dans lesquelles la prépondérance de l'un des yeux se fait remarquer. Toutes les personnes qui font un usage habituel du microscope ont connaissance de ce phénomène. En effet, lorsque, laissant l'œil gauche ouvert, on examine avec l'œil droit les objets placés au foyer, on ne distingue pas les corps qui viennent se peindre dans le premier de ces organes. Il faut un effort spécial pour y arriver, et alors l'image perçue au moyen du microscope semble indistincte. La superposition des impressions ne se fait qu'avec quelque difficulté ; néanmoins, lorsqu'on présente à l'œil inactif un champ blanc ou uniformément coloré, la superposition des impressions devient plus facile, et alors l'image donnée par le microscope semble se détacher sur le fond présenté à l'autre œil. On observe encore le défaut d'activité fréquent de l'un des yeux, chez les sujets qui sont affectés d'un côté de myopie, et de l'autre de presbytie. Cette diversité des propriétés actives de l'un des yeux rend plus spécialement habituel l'usage de l'un de ces organes : dans ces circonstances, un œil devient de plus en plus inerte par défaut d'habitude d'adaptation, et il en résulte, même pour les mouvements de direction, une inertie telle que le strabisme de certains individus ne reconnaît pas d'autre cause.

NATURE DES IMPRESSIONS DE LA RÉTINE.

L'induction peut seule nous guider vers la solution de ce problème. C'est surtout en développant les divers sujets qui vont successivement fixer notre attention, que nous espérons arriver, sinon à une démonstration absolue, du moins à des probabilités assez nombreuses pour nous former presque une conviction.

Rappelons tout d'abord que la lumière ne paraissant résulter que d'un mouvement ondulatoire de l'éther, il est permis d'incliner à penser que la lumière impressionne la rétine en lui imprimant un ébranlement oscillatoire.

Si, en effet, les sensations lumineuses sont dues à un pareil ébranlement des éléments de cette membrane, avec intervention ultérieure de l'encéphale, il est certaines conditions inhérentes à toute espèce d'oscillations qu'on devra retrouver ici ; c'est-à-dire que les impressions faites sur la rétine auront nécessairement une

preuve que les sensations de lumière sont perçues avec d'autant
que les éléments impressionnés de la rétine sont situés à une
ıce de la portion de cette membrane traversée par l'axe optique.
qui va nous occuper a été signalé, pour la première fois,
Il consiste dans l'insensibilité, longtemps regardée comme
partie limitée de la rétine, qui correspond à l'insertion du nerf

plus commode pour vérifier l'expérience de Mariotte, est le sui-
eau noir, maintenu dans un plan vertical, on trace deux cercles
centimètres de rayon ; la ligne des centres est horizontale et à la
de l'observateur, sa longueur doit être de 2 décimètres environ.
eil droit, on fixe le cercle droit avec l'œil gauche, en se tenant
distance du tableau, on a la sensation des deux surfaces circu-
r un fond noir ; mais, si l'on s'éloigne graduellement de ce plan
œil la même direction, il arrive un moment où l'image de gauche
ement. On ne voit plus alors que le cercle de droite, et tout le
paraît noir. L'observateur continue-t-il de s'éloigner, les deux
nt comme dans la première position.
dente expérience, tant que les deux cercles se projettent, l'un sur
le de la rétine, l'autre sur une partie différente de celle qui cor-
tion du nerf optique, les deux images sont perçues, la première
netteté, la seconde d'une manière suffisante. Mais, lorsque l'éloi-
servateur devient tel que, les deux images se rapprochant sans
auche tombe sur la petite surface indiquée, la sensation cesse
l'on ne voit plus que l'image de droite : un fond noir, c'est-à-dire
le rayons lumineux, laisse la rétine dans un repos absolu.
nstatons ce qui aura lieu quand on exécutera l'expérience d'une
te, lorsque deux cercles noirs, par exemple, seront disposés comme

De là il ne faudrait pourtant pas conclure, comme l'ont fait quelques auteurs, à l'insensibilité absolue du *punctum cæcum*.

Une observation de Brewster réfute cette conclusion. A l'un des cercles blancs de la première expérience est substituée une flamme d'une certaine intensité lumineuse, celle d'une bougie, par exemple. En se plaçant alors à la distance où une seule des images est visible, on perçoit encore une sensation de lumière facile à apprécier. Il résulte de ce fait que le *punctum cæcum* n'est pas réellement aveugle, mais qu'il est doué seulement d'une sensibilité obtuse. L'ophthalmoscopie a d'ailleurs vulgarisé ce fait, qu'on peut reproduire à volonté. Si l'on soumet un œil sain à l'examen ophthalmoscopique, on constate, en effet, que la sensation lumineuse persiste, lorsque la flamme est dirigée exactement sur la pupille du nerf optique. Seulement, cette sensation est un peu vague et obtuse, de sorte que l'examen peut être prolongé sans fatigue sur ce point pendant plus de temps que sur toute autre portion de la surface rétinienne.

Nous ne croyons pas devoir omettre un fait historique intéressant qui se rattache à l'expérience de Mariotte. Ayant observé que le point de la rétine correspondant au nerf optique et dépourvu de sensibilité est le seul de la surface interne de l'œil qui manque du pigment choroïdien, cet auteur se trouva amené à considérer la choroïde comme étant en réalité la membrane sensible de l'appareil oculaire. Une pareille opinion, qui nous paraît aujourd'hui une hérésie physiologique, suscita une discussion intéressante entre lui, Pecquet et le célèbre Cl. Perrault. On pourra voir, en lisant les lettres de ces savants (1), qu'alors la question pouvait au moins rester indécise en présence d'un argumentateur aussi distingué que Mariotte, surtout si l'on veut bien tenir compte de l'absence, à cette époque, de toutes données anatomiques positives sur la structure élémentaire de la rétine et de la choroïde.

Des différents phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux.

Quelle que soit la nature de la modification qu'éprouve la rétine quand cette membrane vient à être impressionnée par la lumière, toujours est-il que l'action de ce fluide persiste pendant un temps plus ou moins long, et que, la sensation étant une fois produite, le retour à l'état normal ne se fait jamais brusquement.

Il importe, pour ne conserver aucun doute sur ce point, de rappeler quelques expériences très vulgaires.

Un charbon incandescent que l'on fait mouvoir dans l'air avec rapidité donne à l'œil la sensation lumineuse des lignes courbes qu'on lui fait parcourir. Il suffit de réfléchir à ce phénomène pour en trouver la véritable interprétation: évidemment il est dû à ce que le corps lumineux est encore senti dans la rétine au moment où, par son mouvement de translation, il va produire une impression dans d'autres points de cette membrane. C'est encore la persistance des impressions visuelles qui est la cause de l'amplification apparente d'une corde ou d'une verge que l'on fait entrer en vibration; de la disparition des rais d'une roue à laquelle on imprime un mouvement de rotation assez rapide; de la continuité d'une veine liquide dans sa portion trouble, et d'un grand nombre d'autres apparences trompeuses sur lesquelles nous ne pouvons insister.

Dès qu'on reconnaît que l'impression produite sur la rétine a une certaine durée,

(1) *Œuvres* de Cl. PERRAULT, 1627, p. 684.

on doit se demander s'il n'est pas possible de déterminer quelle est cette durée, quelles sont ses variations suivant les diverses conditions de l'agent excitateur lui-même.

Les premières expériences sur la durée de l'impression visuelle sont dues à d'Arcy (1). Utilisant le phénomène connu du charbon incandescent, cet observateur imprime, au moyen d'un mécanisme convenable, un mouvement circulaire à un point lumineux situé devant l'œil ; puis, quand la vitesse de rotation est suffisante pour qu'on perçoive une circonférence complète, il considère comme durée de la sensation produite par une cause instantanée le temps employé par le point incandescent à faire une de ses révolutions.

Ce moyen est évidemment imparfait, car il indique seulement que, pendant le temps d'une révolution du point incandescent, la sensation visuelle a présenté une intensité constante. Mais là n'est pas seulement le problème, comme on le verra bientôt. L'impression provenant d'une cause instantanée peut avoir une durée beaucoup plus grande, si l'effet consécutif produit, d'abord très énergique, ne s'évanouit totalement que par des degrés insensibles.

Un moyen beaucoup plus exact de déterminer la durée de la persistance de l'impression visuelle a été indiqué et employé par Aimé.

Deux cercles de carton, de même diamètre, sont traversés par un axe autour duquel ils peuvent se mouvoir avec des vitesses égales, mais de sens opposé. L'un des cercles est percé d'un nombre considérable de petites ouvertures en forme de secteurs, placées toutes à égale distance du centre et équidistantes entre elles. L'autre cercle présente un seul de ces secteurs occupant la même position que les précédents par rapport au centre de figure.

Si un observateur, plaçant son œil à quelque distance des cercles et à la hauteur des secteurs, imprime au système un mouvement de rotation en fixant du regard, à travers ces orifices, une surface blanche ou colorée fortement éclairée, plusieurs cas peuvent se présenter.

Supposons d'abord que le mouvement de rotation des cercles soit très lent : l'observateur ne percevra qu'un des secteurs lumineux à la fois, et les images éclairées, aperçues successivement, se déplaceront dans le sens de la rotation du secteur unique.

Dans cette manière d'opérer, la sensation lumineuse est perçue lors de chaque coïncidence du secteur unique avec l'un de ceux tracés sur le second cercle. Le déplacement des images qui se suivent doit donc être subordonné à la direction du mouvement du secteur unique. Si une seule image est perçue à la fois, il faut en conclure que la durée de l'impression produite est plus petite que le temps employé pour deux superpositions successives des secteurs.

Mais imprime-t-on aux deux cercles un mouvement de rotation de plus en plus rapide, l'œil conservant sa même direction fixe, l'observateur reçoit à la fois la sensation de deux, trois, et enfin d'un nombre croissant de secteurs lumineux. Il est évident alors que la sensation produite par l'un des secteurs persiste encore, lorsque l'image engendrée par la seconde et la troisième superposition des ouvertures arrive à la surface de la rétine. Le nombre des images perçues est d'ailleurs ici indépendant de leur intensité relative, ce qui enlève à cette manière d'opérer un des plus graves défauts offerts par le procédé de d'Arcy.

(1) *Mémoire sur la durée de la sensation de la vue* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1765, p. 439).

Pour tirer de ces expériences, sinon la valeur absolue, au moins la valeur approchée de la durée de l'impression visuelle, il suffit de prendre, comme expression de cette quantité, la moitié du temps employé par le secteur unique à parcourir l'arc occupé sur le second cercle par le nombre des secteurs équidistants vus simultanément. On suppose alors que le dernier est resté immobile. La vitesse de rotation est facilement appréciée par un mécanisme dont je n'ai pas à m'occuper ici.

La question de la durée des impressions visuelles a été aussi un sujet d'études pour Plateau (1), qui a formulé sur ce point des résultats très précis.

D'après cet observateur, pour que la rétine ébranlée perçoive une impression complète, il est nécessaire que la cause excitante, c'est-à-dire l'action de la lumière, ait une certaine durée.

Une observation faite par le même physicien, c'est que le temps pendant lequel l'impression visuelle conserve une intensité constante est variable suivant l'énergie de la cause efficiente. Il a constaté que ce temps est d'autant plus court que l'impression est plus violente. La durée de ce phénomène étant 1/100e de seconde pour l'action produite par la lumière diffusée à la surface d'un carton blanc exposé au soleil, on trouve qu'elle croît de plus en plus, quand on recouvre successivement le disque d'une teinte jaune, rouge ou bleue.

Si l'action lumineuse, source du phénomène, a agi pendant un temps suffisant pour produire ce que nous avons désigné plus haut sous le nom d'impression complète, on constate que la durée totale de l'impression, c'est-à-dire le temps compris entre son maximum d'intensité et son minimum, croît avec l'intensité de la lumière qui a primitivement agi : cette durée est en raison inverse de celle de l'ébranlement direct.

Le phénomène de la persistance des impressions visuelles sur la rétine a été l'origine de travaux intéressants à plus d'un titre. La détermination de la véritable forme des objets, lorsque ceux-ci sont animés d'un mouvement rapide, a été obtenue au moyen de divers appareils ingénieux créés par Plateau, Faraday et Savart. Wheatstone, en tenant compte de cette donnée physiologique si importante, est arrivé à une méthode remarquable qui lui a permis de déterminer, avec une approximation satisfaisante, la vitesse de la lumière électrique.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans les détails que comporteraient toutes ces ingénieuses recherches ; mais, quoique basées sur les propriétés d'un de nos organes, elles appartiennent en définitive plutôt à la physique pure qu'à la physiologie.

Images accidentelles.

Les faits exposés précédemment ne sont pas les seuls dont nous ayons à nous occuper. Il est toute une classe de phénomènes qui mérite de fixer maintenant notre attention : il s'agit des images dites *accidentelles* ou *consécutives*.

Le phénomène des images ou couleurs accidentelles consiste essentiellement dans le fait suivant. Lorsqu'on a fixé ses regards pendant un temps plus ou moins long sur un objet coloré, si l'on dirige les yeux sur un fond blanc, ou qu'on ferme tout à coup les paupières, on a la sensation d'une image dont la forme est la même que celle de l'objet, mais dont la couleur est complémentaire de celle de ce dernier.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII, p. 401.

Nous avons déjà dit qu'on doit entendre par *couleur complémentaire* celle qui, ébranlant des éléments de la rétine en même temps que la couleur primitive, produit pour le *sensorium* la perception de la lumière blanche. Pour appuyer cet énoncé par quelques exemples, nous rappellerons que, si la couleur perçue directement est rouge, l'image accidentelle sera verte; que si elle est orangée, l'image accidentelle sera bleue, et ainsi de suite, d'après la règle empirique de Newton.

Les expériences que l'on peut faire sur les couleurs accidentelles sont très nombreuses : nous nous bornerons à signaler celles qui ont le plus d'importance.

Deux observations, l'une de Rosier (1), l'autre de Plateau (2), prouvent que l'extinction des images accidentelles ne s'opère pas par des degrés insensibles, mais que la cessation totale de l'impression n'a lieu qu'après une série d'apparitions et de disparitions successives.

« Supposons, dit Rozier, un appartement quelconque privé de la lumière du soleil, et, dans cet appartement, un chandelier garni de sa bougie allumée. Placez ce chandelier à vos pieds, et sur le carreau, regardez perpendiculairement cette lumière de manière que vos yeux la fixent sans interruption pendant quelques instants ; aussitôt après, placez un éteignoir sur cette lumière, levez les yeux contre le mur de l'appartement, fixez vos regards vers le même point sans cligner l'œil : vous ne verrez qu'obscurité dans le commencement de cette opération, puis, vers le point que vous fixez, paraîtra une obscurité beaucoup plus grande que celle de l'appartement. Continuez à fixer sans vous lasser : peu à peu, dans le milieu de cette obscurité, se manifestera une couleur rougeâtre; elle s'animera insensiblement, sa vivacité augmentera, enfin elle acquerra la couleur de la flamme. »

Voici l'expérience de Plateau, qui est encore plus explicite :

« L'un de mes yeux, dit-il, étant fermé et couvert, j'adaptais à l'autre un tube noirci d'environ 50 centimètres de longueur et 3 de diamètre, et je regardais fixement, pendant une minute au moins, à travers ce tube, un papier rouge bien éclairé et d'une étendue suffisante pour que les rebords n'en fussent pas aperçus; puis, sans découvrir l'œil fermé, j'enlevais subitement le tube, et je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors je voyais d'abord se former une image circulaire verte; mais bientôt elle était remplacée par une image rouge d'une faible intensité et d'une très courte durée, après quoi reparaissait l'image verte, à laquelle succédait de nouveau une image rougeâtre, et ainsi de suite, les images successives allant toujours en s'affaiblissant, et le rouge ayant toujours moins d'intensité et de durée que le vert. Je voyais encore cette succession de couleurs, mais d'une manière un peu moins distincte, en fermant l'œil sans retirer le tube. »

Plateau est parvenu à mettre en évidence un autre fait dont l'intérêt ne saurait être douteux; c'est que, tandis que deux couleurs réelles complémentaires quelconques forment ensemble du *blanc*, deux couleurs accidentelles complémentaires quelconques produisent l'opposé du blanc, c'est-à-dire du *noir*.

L'expérience suivante est destinée à constater ce phénomène. Sur un plancher on étend une étoffe noire au milieu de laquelle on place un carton rectangulaire de 20 centimètres de longueur sur 10 de hauteur, partagé en deux carrés égaux, l'un rouge et l'autre vert, les teintes étant, aussi exactement que possible, complémentaires l'une de l'autre; le milieu de chaque carré est marqué d'un point.

(1) *Journal de physique*, année 1775, t. VI, p. 486.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII.

L'observateur ayant le dos tourné aux fenêtres, mais de manière à ne pas jete d'ombre sur les carrés, porte alternativement les yeux sur les deux points noirs, e demeurant à peu près une seconde sur chacun. Cette opération est continuée pe dant une minute environ. L'expérimentateur doit alors se couvrir les yeux avec beau coup de soin; il aperçoit, après quelques instants, trois carrés, vert, *noir* et rouge

Il est aisé de déduire de cette expérience que le mélange de deux couleurs acci dentelles complémentaires engendre la sensation de l'opposé du *blanc*, c'est-à-di du *noir*.

On arrive, par un procédé analogue, à démontrer que, si la réunion de deu couleurs réelles est capable de produire la sensation d'une teinte mixte, la teint résultant de la combinaison des deux mêmes couleurs accidentelles sera identiqu On trouve, par exemple, que le jaune et le bleu accidentels donnent la sensatio du vert, absolument comme cette teinte serait engendrée par la réunion du jaun et du bleu réels.

Plateau (1) a démontré encore un fait important: il a constaté que la combi naison d'une couleur accidentelle avec une couleur réelle engendre une teinte ide tique avec celle qui eût résulté des deux mêmes teintes réelles. Pour observer phénomène, supposons que l'on fixe assez longtemps une surface de couleur orang vivement éclairée: en portant son regard sur un écran peint en blanc, on aura sensation du bleu; mais qu'on le dirige, pour arriver au résultat cherché, sur u écran peint en jaune, l'œil recevra l'impression du vert: or, le même effet eût é produit en faisant arriver simultanément sur les mêmes éléments de la rétine d rayons jaunes et des rayons bleus.

La production d'une image accidentelle est constamment précédée de la persistan de l'impression primitive. Placés à l'extrémité d'une longue galerie peu éclairé regardons fixement pendant une minute ou deux une croisée éclairée par le jo diffus: au moment où nous appliquerons nos mains devant les yeux fermés, façon à nous plonger dans l'obscurité la plus profonde, nous aurons une sensati identique avec celle produite par l'objet; ce sera donc une simple persistan de l'impression primitive. Mais, après un temps plus ou moins long, l'image ac dentelle apparaîtra, et nous éprouverons une sensation inverse, c'est-à-dire que l vitres seront complétement obscures et les barreaux se détacheront en blanc.

La succession de ces deux genres d'impression est constante, et il n'est pas ra comme nous l'avons observé plusieurs fois, que les alternatives d'images direct et d'images inverses se reproduisent plusieurs fois.

Suivant Franklin (2), lorsqu'on a la sensation de l'image réelle, par persistan de l'impression, l'œil étant plongé par l'occlusion des paupières et l'apposition mains dans une obscurité complète, il est facile de faire naître à volonté l'im accidentelle, c'est-à-dire inverse, en laissant pénétrer la faible quantité de lumi qui traverse le voile palpébral. Cette expérience, que j'ai plusieurs fois répét réussit constamment.

Une condition, de laquelle il importe de tenir compte dans toutes ces observ tions pour arriver à leur vérification, nous a été indiquée par J. Regnauld: c' l'immobilité aussi complète que possible des globes oculaires sous les écrans d

(1) *Mém. cit.*
(2) *Observations sur la physique*, par Rozier, 1773, t. II, p. 383.

on les couvre. Dès qu'on déplace la direction des axes optiques, toute sensation primitive ou secondaire disparaît immédiatement, et il est nécessaire de rester ensuite quelques secondes dans une position invariable, pour que le phénomène se reproduise dans les mêmes circonstances.

Irradiation. — Auréoles accidentelles.

La propagation des impressions lumineuses, des éléments de la rétine ébranlés directement à ceux qui les avoisinent, est l'origine de quelques phénomènes dont l'ensemble constitue ce que l'on désigne sous le nom d'*irradiation*.

Si l'impression produite sur la rétine par un objet éclairé se propage aux portions de cette membrane qui sont voisines, il en résultera une illusion pour l'expérimentateur, qui croira voir l'objet amplifié. Ce résultat peut être mis en évidence par quelques expériences fort simples. On trace deux circonférences de même rayon sur deux cartons, l'un blanc, l'autre noir; puis on couvre le cercle limité par la première d'une couleur noire, et le cercle de la seconde d'une teinte blanche: ces deux disques, placés à la même distance d'un observateur, paraîtront avoir des rayons différents. Le cercle noir semblera constamment être plus petit que le cercle blanc. Plateau, qui a étudié avec soin toutes les questions qui se rattachent à ce sujet, indique encore le procédé suivant. Sur un carton partagé en deux moitiés, l'une noire, l'autre blanche, on trace une bande comprise entre deux lignes parallèles ; la portion qui se trouve dans la moitié noircie est peinte en blanc, celle qui se trouve dans la moitié blanche est recouverte de noir. Bien que les deux surfaces aient exactement la même largeur, si un observateur se place à une distance de 4 à 5 mètres, la bande obscure sur le fond blanc lui paraîtra plus étroite que la bande blanche sur le fond noir.

Dans ces deux expériences, l'interprétation du phénomène est la même. Si l'image blanche paraît occuper sur un fond obscur un espace plus grand que la même image noire sur un fond blanc, c'est que, dans le premier cas, l'ébranlement de la rétine se propage aux éléments voisins du contour de la représentation, et empiète, par conséquent, sur le fond ; dans le second cas, c'est le phénomène inverse qui a lieu, et l'empiétement de la teinte du fond s'opère aux dépens de la grandeur réelle de l'image.

Tels sont les faits fondamentaux dont la connaissance importe au physiologiste.

Les lois du phénomène, qui sont plutôt du domaine de la physique, ont été trouvées par Plateau. Nous signalerons les plus simples. D'après ce savant, l'irradiation se manifeste, quelle que soit la distance de l'objet lumineux qui en est l'origine : ainsi, à partir de la distance minima de la vue distincte, jusqu'à un éloignement quelconque, le phénomène peut également être constaté; l'angle visuel sous-tendu est indépendant de la distance de l'objet. Il est facile d'en conclure que l'étendue que nous attribuons à l'impression résultante est proportionnelle à la distance qui paraît exister entre l'objet lumineux et les yeux de l'observateur, si toutes les autres circonstances du phénomène ne subissent aucune variation.

Plateau a démontré aussi que l'irradiation est d'autant plus grande que l'éclat de l'objet est plus considérable : mais il n'y a pas de proportionnalité entre ces deux

ordres de phénomènes; l'accroissement de l'irradiation avec l'intensité lumineuse suit une loi beaucoup moins rapide.

Un fait digne de remarque, c'est que l'irradiation croît d'une manière très sensible avec la durée de la contemplation de l'objet. C'est d'ailleurs un de ces phénomènes variables suivant les personnes, variables chez un même individu avec les dispositions qu'il présente au moment de l'expérience.

On peut constater que les phénomènes d'irradiation sont d'autant plus sensibles que le fond sur lequel se détache un objet lumineux est plus obscur. Si l'on fait varier l'état du fond depuis l'absence complète de la lumière jusqu'à un éclat égal à celui de l'objet éclairé, on remarque que l'irradiation va sans cesse en décroissant, et qu'elle devient nulle quand ce terme est atteint. On comprend, d'après cela, que toute irradiation cesse sur les bords de deux objets différents qui présentent la même intensité lumineuse. Les irradiations de deux objets, situés en regard l'un de l'autre et à une distance assez petite, réagissent mutuellement l'une sur l'autre: de là résulte une diminution sensible dans le phénomène. Cette influence réciproque est d'autant plus énergique, que les parties qui donnent lieu à l'irradiation, sont moins éloignées l'une de l'autre.

En tenant compte de ces principes, on s'explique quelques apparences singulières que chacun a pu observer : si un triangle rectiligne dont la surface est peinte en blanc est tracé sur un fond noir, ses côtés paraîtront curvilignes et leur convexité sera tournée en dehors ; si la surface est noire et tracée sur un fond blanc, le triangle aura aussi ses côtés courbes, mais leur concavité paraîtra dirigée en dehors.

Les phénomènes précédemment étudiés peuvent être considérés comme jouant, par rapport à l'espace, un rôle analogue à celui de la persistance des impressions relativement au temps.

Il est encore quelques phénomènes qui doivent être rapprochés des précédents. Voici l'un d'entre eux, tel qu'il est énoncé pour la première fois par Buffon (1): « Lorsqu'on regarde fixement et longtemps une tache ou une figure rouge sur un fond blanc, comme un petit carré de papier rouge sur un papier blanc, on voit naître autour du petit carré rouge une espèce de couronne d'un vert faible. En regardant, dans les mêmes conditions, une image jaune sur un fond blanc, on voit naître autour de celle-ci une couronne d'un bleu pâle. »

De là il résulte évidemment que, lors de l'impression produite sur la rétine par un objet lumineux coloré, les éléments voisins qui ne reçoivent aucun ébranlement direct se constituent néanmoins dans un état tel, par rapport à ceux qui sont influencés, que, dans une éten lue plus ou moins grande autour de l'image, il naît la sensation d'une teinte complémentaire. C'est à cette espèce d'irradiation chromatique que les auteurs ont donné le nom d'*auréole accidentelle*.

Parmi les expériences qui se rattachent à cet ordre de phénomènes, les unes ont été faites par hasard, les autres ont été instituées comme moyens confirmatifs.

Si l'intérieur d'un appartement est éclairé par la lumière qui a traversé un rideau d'étoffe rouge, tous les objets qu'il renferme présentent cette teinte. Mais, si le rideau est percé d'une ouverture circulaire, et qu'on reçoive sur un écran blanc le

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1743).

lumière qui s'engage dans cette ouverture, on aura une surface qui, ɔaraître blanche, présentera une teinte verte très prononcée, évidem- l'auréole complémentaire des bords.

ɔcore citer, comme ayant une relation immédiate avec le sujet dont il loration accidentelle des ombres ou pénombres qui se projettent sur teinte uniforme. Rumford paraît avoir signalé le premier cet ordre ènes qui ont été depuis étudiés par plusieurs physiciens ou phy-

ırton blanc on fait arriver de la lumière colorée par son passage au tra- ıme de verre convenable ; dans l'intérieur du faisceau lumineux, et à une ıce de l'écran, on place une lame opaque capable de porter vers cette ombre déliée. Or, si cette dernière est quelque peu éclairée par de la ıche diffuse, elle paraît immédiatement prendre une teinte complécelle du fond. Grothuss a prouvé d'une manière incontestable, que la ne certaine quantité de lumière blanche, arrivant jusqu'à l'ombre pro- essaire au succès de l'expérience. Si on la répète, en effet, dans l'in- ɜ chambre obscure, on ne parvient jamais à percevoir la sensation de rée complémentaire.

rétations contradictoires n'ont pas manqué à ce phénomène des *ombres ɟectives*. Quelques auteurs ont cherché à l'expliquer par les lois des ;, mais cette opinion ne mérite pas d'être réfutée. On doit rapprocher ous ceux que nous avons déjà examinés, et chercher à en rattacher à une modification spéciale de la rétine. Il semble que, quelques-uns de cette membrane étant ébranlés par une impression lumineuse, les ıes se constituent simultanément dans un état opposé, qui produit la la teinte accidentelle complémentaire.

ıs des ombres colorées subjectives, les effets perçus se rattachent évi- ıne cause de cet ordre et sont complétement indépendants de tout

[redacted]

On doit à Chevreul (1) des observations qui prouvent que les auréoles accidentelles ne sont pas limitées aux bords des objets, mais que leur influence s'exerce sur une étendue plus ou moins considérable des images voisines. On est forcé de s'arrêter à cette conclusion; car les recherches de Chevreul démontrent en effet que, si les images de corps colorés très voisins arrivent en même temps dans l'œil, leurs teintes s'influencent réciproquement, et il semble que chacune d'elles se couvre de la teinte complémentaire de sa voisine.

Une expérience, due au même observateur, est destinée à mettre en évidence le phénomène qui nous occupe. On colle parallèlement entre elles, à la surface d'un carton, quatre bandes de papier égales; elles ont toutes la forme d'un rectangle dont le grand côté a $0^m,06$ et le petit côté $0^m,012$. Deux de ces bandes sont jaunes, elles sont à gauche; les autres sont du même rouge et placées à droite. Les bandes moyennes, l'une jaune, l'autre rouge, sont seules en contact immédiat; les extrêmes sont à petite distance de leur voisine de même teinte. Si les images de ce système viennent se peindre dans l'œil un peu obliquement, on remarque que la teinte de chaque bande intermédiaire semble différer de celle de même couleur qui en est rapprochée : c'est ainsi que la bande rouge moyenne semble prendre une teinte violette, et la bande jaune une coloration verte. Ainsi donc, la première est influencée par l'auréole complémentaire du jaune, tandis que la seconde semble se couvrir de l'auréole accidentelle du rouge. Ces résultats sont généraux et s'appliquent à des surfaces rapprochées, quelle que soit leur coloration.

Ceci démontre qu'en rapprochant deux objets qui présentent des teintes complémentaires, la valeur de leurs tons s'accroîtra pour chacun d'eux, puisque chaque image semblera se couvrir d'une auréole de la même teinte, qui sera la complémentaire de la couleur voisine.

Chevreul a fait voir comment ces considérations théoriques et ces observations sur la nature des sensations chromatiques peuvent être mises à profit dans les arts, lorsqu'il s'agit de faire valoir autant que possible, dans un tableau ou dans une étoffe, les tons de chacune des couleurs employées. C'est ainsi que la réunion d'objets présentant des teintes analogues amène pour chacune d'elles une perte de valeur par l'influence de l'auréole accidentelle qui résulte de leur rapprochement.

Théories des phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux.

Le phénomène de la persistance des impressions sur la rétine, celui des couleurs accidentelles, et tous les faits qui se rattachent à l'irradiation, ont reçu, à diverses époques, des interprétations différentes.

Suivant Jurin (2), les impressions accidentelles paraissent dépendre de ce principe, que, quand nous avons été pendant un certain temps affectés d'une sensation, aussitôt que celle-ci cesse, il s'en élève une autre contraire, quelquefois par la cessation même, et d'autres fois par des causes qui, dans un autre temps, ne produiraient aucunement cette sensation, ou du moins ne la produiraient pas au même degré. Quand on sort d'un endroit fort éclairé et qu'on entre dans une

(1) *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications*. Paris, 1839.

(2) *Essay upon Distinct and Indistinct Vision* (*Complete System of Optics*, par Rob. Smith. Cambridge, 1738).

lont les volets des fenêtres sont presque fermés, on a, immédiatement ensation de l'obscurité, et elle continue pendant beaucoup plus long- il n'en faut à la pupille pour se dilater et s'accommoder à ce faible umière, ce qu'elle fait dans un instant. Mais, après qu'on est resté noments dans un autre lieu beaucoup plus obscur, la même chambre, l paraissait obscure elle-même, semble assez éclairée.

ces faits que Jurin appuie sa théorie des impressions accidentelles. L'œil ord été fixé, pendant un temps suffisamment prolongé sur une image 'il se porte ailleurs, il percevra bientôt une apparence contraire: si t éclatant, l'image subséquente sera sombre, et réciproquement; si coloré, l'image accidentelle offrira une teinte complémentaire de celle ır l'impression directe. Cette théorie se rapproche de celle que je crois ıie, mais elle ne fut pas développée par Jurin suffisamment pour en- ronvictions.

Scherffer (1) a présenté l'explication suivante, qui pendant longtemps a plus exacte : « Si un sens reçoit une double impression, dont l'une ıis dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir alement quand elles sont toutes deux d'une même espèce, ou quand une d'un objet sur quelque sens est suivie d'une autre de même nature, oup plus douce et moins violente. L'œil, fatigué par une longue la couleur verte, et jeté ensuite sur une surface blanche, n'est pas en sentir vivement une impression moins forte de rayons verts. Or, à la ıinue Scherffer, les modifications de la lumière sont réfléchies par la ıche; mais les vertes sont en beaucoup moindre quantité en comparaison ıi frappaient l'œil en venant de la tache verte. Si donc on fixe l'œil sur lanc, il arrivera que celles des parties de l'œil qui auparavant avaient lus forte impression de la lumière verte que les autres ne pourront pas présent tout l'effet de cette lumière. »

e là, selon cet observateur, que l'œil aura la sensation sur la surface

voir que les couleurs accidentelles se montrent parfaitement dans l'obscurité la plus complète.

Nous nous bornerons à mentionner les théories beaucoup moins importantes de Darwin, de Godart, celles de Prieur et de Brewster.

L'explication de Darwin (1) s'appuie à la fois sur le principe de l'insensibilité de Scherffer et sur la théorie des sensations opposées telle que l'avait admise Jurin. Cette opinion mixte conduit souvent son auteur à des résultats contradictoires qu'il ne se met pas en peine de faire concorder.

Quant à Godart, il compare les fibres de la rétine à des cordes vibrantes, et les couleurs aux tons de la musique. Il déduit de cette assimilation que la continuation de la sensation excitée par un objet agit sur l'impression blanche produite par la surface sur laquelle on jette ensuite les yeux, de manière à en réduire le ton à celui de la couleur accidentelle. Cette explication est purement hypothétique, et les arguments se presseraient en foule, s'il était nécessaire d'en donner la réfutation.

La théorie de Prieur est dite *théorie du contraste*. Elle paraît, d'après le mémoire de l'auteur, s'appliquer seulement aux phénomènes désignés sous le nom d'*auréoles accidentelles*. Biot (2) a étendu, dans l'énoncé suivant, le principe du contraste à l'ensemble des phénomènes dont nous parlons : « La sensation de la lumière dit-il, peut être excitée ou éteinte par comparaison. Par exemple, si l'œil fut longtemps fixé sur un espace étendu et coloré d'une teinte uniforme, il semble qu'il fasse ensuite abstraction de cette couleur-là, s'il se porte vers quelques autres objets. Alors on voit sur ces objets une tache dont la couleur est complémentaire de celle sur laquelle l'œil s'est fixé d'abord, c'est-à-dire qu'elle se compose de ceux des rayons de l'objet qui ne font point partie de cette couleur-là. Ces apparences produites par contraste se désignent sous le nom de *couleurs accidentelles*. »

Nous dirons, avec Plateau, que la théorie du contraste laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la clarté : il est impossible de savoir si elle attribue les phénomènes à une cause psychique ou à une cause matérielle. Dans le premier cas, nous avons rapporté assez de faits pour la détruire, puisqu'ils prouvent tous que les couleurs accidentelles tiennent à une modification véritable de la rétine. Dans le second, il est impossible de la distinguer de la théorie de l'insensibilité, et les arguments fournis contre la manière de voir de Scherffer lui sont en tout applicables.

Brewster (3), assimilant l'état de l'œil, pendant la contemplation d'un objet coloré, à celui de l'oreille pendant la perception d'un son, admet que « la vision de la couleur primitive et celle de la couleur accidentelle sont simultanées, de la même manière que le son fondamental et le son harmonique sont perçus simultanément par l'oreille. »

Il est surabondamment démontré aujourd'hui que jamais, pendant la contemplation d'un objet coloré isolé de toute influence étrangère, il n'y a perception simultanée, au même lieu, de la teinte primitive et de sa complémentaire.

Après avoir prouvé que les impressions accidentelles ne peuvent être dues à une cause psychique, après avoir également mis en évidence que l'influence d'une lumière extérieure est inutile à leur génération, Plateau arrive à conclure que

(1) *Zoonomie*, trad. de Kluyskens. Gand, 1811, t. I, p. 17.
(2) *Traité de physique expérim.*, 2e édit., t. II, p. 372 et 373.
(3) *Letters on Natural Magic*, p. 22.

'image accidentelle résulte d'une modification particulière de l'organe oculaire, en vertu de laquelle il nous donne spontanément une sensation nouvelle. Il prouve encore que ce phénomène ne se produit jamais sans avoir été précédé de la persistance des impressions. Puis, il établit ce principe important que, « quand la rétine, après avoir été excitée pendant quelque temps par la présence d'un objet coloré, est subitement soustraite à cette excitation, l'impression produite par l'objet continue pendant un temps généralement très court, après quoi la rétine prend spontanément un état opposé au premier, et duquel résulte la sensation de la couleur accidentelle. »

Plateau résume enfin tous les résultats auxquels il est parvenu, dans cet énoncé qui comprend en même temps la théorie de la persistance des impressions et celle des couleurs accidentelles :

« Lorsque la rétine, dit-il, est soumise à l'action des rayons d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action, et tend à regagner l'état normal, avec une force de plus en plus intense. Alors, si elle est subitement soustraite à la cause excitante, elle revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergique, que l'action s'est prolongée davantage, mouvement en vertu duquel l'impression passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue généralement à osciller d'une manière plus ou moins régulière, en s'affaiblissant ; tantôt se bornant à disparaître et à reparaître alternativement, tantôt passant successivement du négatif au positif, et *vice versâ*. L'intervalle qui s'écoule entre l'instant où la rétine est soustraite à l'action de l'objet coloré, et celui où l'impression commence à prendre l'état négatif, constitue ce que l'on entend par la *persistance des impressions de la rétine ;* et les phases négatives de l'impression constituent le phénomène des *couleurs accidentelles.* »

Quant aux phénomènes de l'*irradiation* et des *auréoles accidentelles*, Plateau les fait dépendre des modifications oscillatoires qui se transmettent de proche en proche aux différentes portions de la rétine, et dans une étendue variable, lorsque quelques-uns de ses points sont directement ébranlés par la lumière. Les éléments les plus rapprochés semblent être, en quelque sorte, entraînés dans le même mouvement, ils sont donc affectés d'une manière identique : telle est l'origine de l'*irradiation*. A une distance un peu plus grande, il y a état de repos des éléments de la rétine, mais les portions de cette membrane plus éloignées se constituent dans un état opposé : de là les sensations complémentaires qui ont lieu dans les *auréoles accidentelles*.

On voit combien est satisfaisante la théorie de Plateau, et comment un même principe rend raison de tous ces phénomènes en apparence si compliqués, suivant qu'on l'applique au temps, comme cela a été fait pour la persistance des impressions et les couleurs accidentelles, ou à l'espace, pour l'explication de l'irradiation et des auréoles.

RÔLE DE LA RÉTINE DANS LA VISION.

Les physiologistes ne se sont pas contentés d'étudier la participation de la rétine à la fonction visuelle ; remontant des faits aux causes, ils ont recherché l'explication de ces faits. Pour se rendre compte de la sensation des couleurs, de celle du clair et de l'obscur, etc., ils ont admis des vitesses différentes dans les ondes d'un fluide (*éther*) qui serait répandu dans tout l'univers : ces ondes impression-

neraient d'une manière différente la rétine, et la nature de la perception dont l'âme a conscience serait subordonnée à ces impressions variables. Dans cette théorie, on admet que les phénomènes de vision sont simplement le résultat de la perception par le *sensorium* d'un état déterminé de la rétine, et la sensation de l'obscurité trouverait son explication dans l'absence de toute impression, ou dans l'état de repos de la rétine elle-même.

Ce qui prouve d'ailleurs l'existence d'une modification survenant dans l'état de la rétine, pendant la perception des objets lumineux, c'est la possibilité de reproduire les mêmes sensations par un excitant autre que la lumière. Toute cause capable d'apporter un changement dans l'état de la membrane nerveuse de l'œil détermine des sensations *subjectives* de lumière. Comprimez l'œil avec le doigt, vous apercevrez des figures de formes diverses, tantôt annulaires, tantôt rayonnées. Dans ces circonstances, il vous arrivera quelquefois de voir une sorte de figure arborisée sur laquelle Purkinje a le premier insisté : cette figure, due aux vaisseaux centraux de la rétine, offre une ressemblance parfaite avec le dessin de ces mêmes vaisseaux. Sous l'influence de l'électricité, se manifestent aussi dans l'œil des figures d'une intensité lumineuse variable.

Il arrive parfois que les sensations subjectives de vision, dont nous venons de parler, se produisent spontanément : J. Müller (1) dit avoir constaté, dans certains cas, l'apparition d'une petite tache brillante isochrone aux mouvements respiratoires; en tournant brusquement les yeux de côté, on voit souvent apparaître tout d'un coup des cercles lumineux dans le champ visuel qui est plongé au milieu de l'obscurité, etc.

Les sensations de lumière une fois admises comme le résultat d'un changement survenu dans l'état de la rétine, quelques physiologistes ont cru devoir se demander où cet état peut-être perçu par l'âme : évidemment, c'est dans l'encéphale, et non dans la rétine elle-même.

Nous avons déjà fait remarquer que toutes les parties de la rétine n'ont pas la même sensibilité à la lumière. On verra plus loin que cette membrane peut endurer toute espèce d'irritations mécaniques sans jamais donner lieu à la moindre sensation douloureuse.

La participation de la rétine à l'acte même de la vision est prouvée par la relation qui existe entre le développement de cette membrane, chez les divers animaux, et le degré d'intensité de la faculté visuelle. Ce point d'anatomie physiologique a été traité par Desmoulins (2), qui a démontré l'existence d'un rapport constant entre l'étendue des surfaces de la rétine et la portée de la vue chez différents animaux. Il a surtout invoqué comme exemples, à l'appui de son opinion, l'aigle et le vautour, dont la rétine est plissée sur elle-même, de telle sorte que les bords des plis, couchés les uns sur les autres, représentent les méridiens d'une sphère : chez ces mêmes oiseaux, le nerf optique est constitué par un faisceau d'une douzaine de lames parallèles. Si l'on compare la rétine de ces oiseaux, dont la portée visuelle est si grande, à la rétine de l'oie et du canard domestiques, dont la vue est bien moins étendue, on reconnaît que, chez ces derniers, la rétine n'offre pas la moindre ride.

Quant au *rôle du nerf optique et de l'encéphale dans la vision*, il sera étudié dans la partie de ce volume qui a trait au système nerveux.

(1) *Manuel de physiologie*, 1845, trad. de Jourdan, t. II, p. 378.
(2) *Journal de physiol. experim.*, t. III, p. 53.

MOUVEMENTS DU GLOBE DE L'OEIL.

telligence des mouvements de l'œil, il est nécessaire de rappeler que cet en équilibre dans la cavité de l'orbite ; que son appareil moteur ne nt cet équilibre, qu'il ne peut le détruire, et que son action se borne à er l'œil en différents sens autour de son centre qui est fixe.

que le globe de l'œil est entouré par un tissu adipeux abondant, sur le- pose : mais son état d'équilibre résulte principalement de l'existence loppe aponévrotique propre à fixer l'organe au pourtour de l'orbite. brane, découverte par Tenon (1) qui en avait déjà compris toute l'im- ientionnée par Malgaigne (2) et par J. Guérin, a été décrite par Bon- ne manière complète et détaillée. « La capsule oculaire, dit cet auteur, par une membrane fibreuse dans laquelle l'œil est reçu comme le gland lans sa cupule ; elle s'insère autour de l'extrémité antérieure du nerf toure les deux tiers postérieurs de l'œil, sans adhérer intimement à cet se termine en avant par plusieurs expansions fibreuses, dont la plus st celle qu'elle envoie aux cartilages tarses des paupières, et qui en éritable terminaison. »

psule se réfléchit, d'une part, sur les muscles oculaires, et se porte vers ne, en réunissant leurs insertions ; elle contracte, d'autre part, avec rapports importants. Ainsi : 1° elle fournit deux gaînes résistantes qui ent les muscles obliques jusqu'à l'orbite, à laquelle elles adhèrent ; 2° au la partie postérieure des cartilages tarses, elle vient se réunir à angle s ligaments palpébraux, qui, partis des bords orbitaires supérieur et ont se terminer dans l'épaisseur des paupières ; 3° enfin les gaînes que le fibreuse fournit aux muscles droits latéraux envoient deux forts pro- qui se fixent à l'orbite au niveau des angles interne et externe des et que Tenon désigne sous le nom de faisceaux tendineux des muscles

antéro-postérieur. Six muscles, groupés deux par deux, président à ces trois ordres de mouvements. Les droits supérieur et inférieur, auxquels sont confiés l'élévation et l'abaissement, envoient chacun une expansion fibreuse vers les cartilages tarses; disposition qui permet de comprendre pourquoi les mouvements des paupières suivent constamment ceux du globe de l'œil en haut et en bas, bien que la paupière inférieure soit dépourvue de muscle chargé spécialement de produire ce mouvement.

Quant aux muscles droits interne et externe, on les appelle adducteur et abducteur de l'œil, dénomination inexacte en ce sens qu'elle pourrait laisser croire que, lors de leur contraction, le globe en totalité subit un déplacement, tandis que la cornée seule se déplace. Ces muscles, le droit externe surtout, sont enroulés autour du globe oculaire et dirigés d'arrière en avant: au moment de leur contraction, ils doivent tendre à se redresser, puis à rapprocher leur insertion antérieure de la postérieure, conséquemment à comprimer l'œil latéralement, ou bien le refouler vers la paroi qui leur est opposée et l'enfoncer dans l'orbite. Cette compression latérale, ce déplacement en dedans, en dehors, en arrière, n'ont pourtant pas lieu, et l'on en doit attribuer la cause seulement à l'influence exercée sur l'action de ces muscles par les prolongements fibreux qu'ils envoient au rebord orbitaire. Ces prolongements forment comme une poulie de réflexion aux droits externe et interne, et l'on peut, jusqu'à un certain point, admettre que ces muscles agissent sur l'œil comme s'ils partaient seulement de ce point de réflexion : alors, l'externe ne tendra pas à comprimer l'œil ni à l'enfoncer dans l'orbite, mais plutôt à l'attirer en dehors; le droit interne agira en sens inverse; et, comme le centre de l'œil est immobile, cet organe ne sera transporté ni dans un sens ni dans l'autre, la pupille seule sera dirigée en dedans ou en dehors (1).

La contraction simultanée de deux muscles droits contigus donne à la pupille une direction intermédiaire à celle que lui aurait communiquée chacun de ces muscles isolément; trois des muscles droits, ou même ces quatre muscles, peuvent aussi agir simultanément.

Le plus souvent les deux antagonistes se contractent d'une manière alternative, pendant que les deux autres muscles sont dans un état de contraction fixe: tel est le cas où nous voulons juger avec précision de la verticalité d'une ligne. Dans cet acte, l'œil, préalablement fixé latéralement de manière à ne pouvoir subir dans ce sens le déplacement le plus minime, se dirige de haut en bas et de bas en haut successivement.

On sait jusqu'à quel point peut être poussée la justesse de cette appréciation : Hueck (2) a calculé que l'œil peut reconnaître la déviation d'une ligne dont l'image sur la rétine ne diffère de la verticale que de 0,0008 de millimètre. Pour reconnaître si une ligne est horizontale, l'œil est au contraire maintenu dans une position fixe par les muscles droits supérieur et inférieur; puis il est entraîné à droite et à gauche par les droits latéraux, qui se contractent alternativement.

La pupille peut être dirigée successivement vers tous les points de la circonférence de l'orbite. Ce mouvement de circumduction est dû à la contraction successive

(1) Nous avons peine à comprendre comment Bonnet (*ouvr. cit.*, p. 42 et 43) a admis que les muscles droits latéraux puissent à la fois aplatir l'œil en se contractant, et lui faire subir un mouvement de transport en dedans ou en dehors, à l'aide de leurs insertions orbitaires.

(2) *Archives générales de médecine*, août 1841, 3e série, t. XI.

d'un faible mouvement d'abduction, les muscles obliques sont insérés l'œil très près de la cornée, et qu'ils ont une direction transversale ; fait penser que cette insertion n'est rejetée en arrière, chez l'homme, pas nuire à l'abduction, qui a une très grande étendue. Les muscles rdent, il est vrai, un peu de leur pouvoir rotateur, mais cette action est sante, puisque Hueck a calculé qu'elle a environ 50 degrés d'étendue. onisme avec les muscles droits me paraît, quoi qu'on en dise, un fait le ; car, si chez l'homme, en raison de leur obliquité, ils sont déjà ment placés pour cet usage, ils y sont complétement inaptes chez les ourvus néanmoins d'un double appareil musculaire (*M. choanoïde*) nd de l'orbite.

ordres de mouvements auxquels concourent deux par deux les six l'œil n'ont entre eux aucun antagonisme ; au contraire, ils sont com- dépendants l'un de l'autre : aussi peuvent-ils s'associer et se combiner nières, soit pour diriger l'œil de différents côtés, la tête étant dans une , soit pour arrêter le regard sur un objet quand la tête ou le corps en- mouvement. Dans le premier cas, les muscles qui entrent en contraction int fixe leur insertion osseuse ; dans le second, au contraire, c'est l'or- ment autour du globe oculaire, et les muscles ont leur point fixe à leur léroticale.

rements combinés des yeux ont ceci de remarquable qu'ils sont tou- ime espèce, c'est-à-dire qu'ils s'exécutent dans les deux yeux autour même nom. Ainsi les yeux tournent ensemble tantôt autour de leur sal ou vertical, tantôt autour de leur axe antéro-postérieur. Mais cette ut se faire dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'élévation on nt, les deux yeux marchent ensemble avec une parfaite régularité. us portons la vue horizontalement à droite et à gauche, le mouvement ié, car nous contractons l'adducteur d'un côté avec l'abducteur du . Les deux adducteurs se contractent ensemble et font tourner les

exécutons un mouvement en arc de cercle dont le centre est le cou; et, par conséquent, les yeux seraient soumis à la même quantité de mouvement sur cet axe, si les muscles obliques ne les fixaient sur l'objet regardé. Quand la tête est mue vers l'épaule droite, le muscle oblique supérieur du côté droit agit et maintient l'œil droit fixé vers l'objet, et un semblable effet est produit sur l'œil gauche par l'action de son oblique inférieur. Quand la tête se meut dans une direction contraire, les autres muscles obliques produisent le même effet (1). » De nos jours, Hueck (2), Szokalski (3), J. Guérin (4), etc., ont reproduit et confirmé les idées de J. Hunter.

Bonnet (5), en exerçant sur le cadavre, et avec toutes les précautions nécessaires, des tractions sur le grand oblique, est arrivé à ce résultat, dont nous avons nous-même vérifié l'exactitude, que ce muscle porte la pupille en bas et en dehors, et qu'il imprime au globe de l'œil un mouvement de rotation de dehors en dedans sur son axe antéro-postérieur.

Parmi tant d'assertions diverses, quelle est celle qu'on doit choisir et définitivement adopter? Éliminons d'abord l'opinion qui n'accorde au muscle oblique supérieur d'autre action que de diriger la pupille en haut et en dedans; elle ne repose sur aucune observation directe, et ne se concilie ni avec la direction et les attaches du muscle, ni avec les expériences sur le cadavre. La rotation de l'œil, au contraire, est démontrée à la fois par la disposition anatomique des parties, par l'expérimentation sur le cadavre et sur le vivant : c'est donc pour nous un fait hors de doute. Reste à savoir si en outre la pupille peut être déviée par le même muscle et si, comme l'affirment la plupart des auteurs, elle se porte en bas et en dehors. Ici nous ferons observer qu'il faut distinguer les effets du grand oblique sur le cadavre, de ceux qu'il produit sur le vivant. Dans le premier cas, l'œil est complétement soustrait à l'influence des muscles droits; au contraire, il y reste soumis dans le second, et l'action toute-puissante de ces muscles sur la direction du segment antérieur de l'œil, annihile facilement la faible déviation que tend à lui imprimer le grand oblique. En dernière analyse, ce muscle est rotateur de l'œil de dehors en dedans.

Ce qui précède réduit à peu de chose ce que nous avons à dire de l'action du muscle oblique inférieur. La direction et les insertions de ce muscle, les expériences sur le cadavre, amènent à conclure qu'il imprime au globe oculaire un mouvement rotatoire inverse de celui qui est dû au muscle précédent; qu'en outre il dirige la pupille en haut et en dehors. Mais, si l'on tient compte de l'influence des muscles droits, l'oblique inférieur est purement et simplement l'antagoniste du grand oblique.

On a longtemps cherché la raison de l'obliquité de ces deux muscles: si, en effet, ils ne sont que rotateurs, ne devraient-ils pas être dirigés perpendiculairement à l'axe antéro-postérieur de l'œil? Cowper, Winslow, Cl. Perrault, ont avancé que ces muscles servent à soutenir le globe oculaire en arrière, qu'ils l'empêchent de presser les parties subjacentes; qu'enfin ils tirent l'œil directement hors du fond de l'orbite, pour contre-balancer l'action des muscles droits. Mais nous avons constaté que chez les animaux, dont les yeux, dirigés latéralement, n'ont

(1) J. HUNTER, *Œuvres complètes*, trad. par Richelot. Paris, 1841, t. IV, p. 359.
(2) *Archives de médecine*, 1841, 3e série, t. II.
(3) *Influence des muscles obliques de l'œil sur la vision*. Gand, 1840.
(4) *Communication à l'Institut*, août 1840. — *Examinat. méd.*, 1841, n° 7, p. 75.
(5) *Ouvr. cit.*

é une opinion semblable. Grimelli (1) a reconnu, en injectant des cada-
ants, la réplétion des vaisseaux sanguins de l'iris, et, par suite, le rétré-
de la pupille. En supposant que les mouvements de l'iris résultent véri-
d'un afflux sanguin, on est porté à se demander comment l'impression de
sur la rétine peut rendre compte de cet afflux sanguin. Portal (2) l'ex-
disant que la lumière qui arrive au fond de l'œil chasse le sang des
le la rétine, et fait passer ce liquide dans les vaisseaux de l'iris; hypo-
rien ne justifie. P. Bérard (3) fait remarquer que, si la dilatation de
était purement passive, cette dilatation devrait avoir une limite inva-
le mouvement de dilatation présente une foule de nuances, et s'accom-
t d'une manière très rapide; il ne ressemble donc nullement à celui qui
ns les tissus érectiles.

d (4) attribue les mouvements de l'iris à la présence d'un tissu cellu-
ctile. Cette opinion compte également, au nombre de ses partisans,
i n'admet dans l'iris que des fibres de tissu cellulaire et des fibres ner-
wann, qui n'y a trouvé qu'une structure fibreuse, etc. Mais les recher-
s micrographes, ainsi que plusieurs expériences physiologiques, s'accor-
ire regarder les mouvements iriens comme étant de nature musculaire.
sch, Boerhaave, Whytt, Winslow, etc., avaient admis dans l'iris l'exis-
res musculaires: plus récemment, Maunoir (de Genève) (5), a émis la
ion. On peut aujourd'hui alléguer, en faveur de la nature musculaire
ux ordres de preuves, les unes anatomiques, les autres physiologiques.
pe a démontré qu'il y a, dans ce diaphragme, des fibres musculaires
; sous ce point de vue, il existe une concordance parfaite entre les ob-
le Valentin (6), de Hueck, de Krohn (7), etc. D'un autre côté, les
de Fowler, de Weinhold, celles de Nysten et les nôtres, ont prouvé
influence de l'électricité, l'iris se contracte, soit sur l'animal vivant, soit
la mort (*).

donc un tissu dont la nature et les propriétés rappellent celles du tissu
bien qu'il existe entre eux certaines différences. Aussi semble-t-il

disposées autour de la petite circonférence de l'iris. D'après ce physiologiste, la contraction de la pupille est due à cette couche de fibres musculaires; la dilatation est le résultat de la cessation de cette contraction, et peut-être aussi du resserrement d'un tissu contractile spécial dont il admet l'existence dans l'iris.

La constitution de l'iris ne lui permet d'exécuter que deux sortes de mouvements, qui se traduisent par la dilatation ou le resserrement de la pupille. Nous devons simplement mentionner la propulsion de l'iris, qui a lieu, d'après Ribes (1), lorsqu'on regarde des objets fortement éclairés, et qui résulterait, suivant lui, de l'accumulation de l'humeur aqueuse dans la chambre postérieure par suite du resserrement de la pupille. Suivant Helmholtz (2), ce déplacement est dû à la pression du cristallin sur la face postérieure de l'iris, pendant l'acte de l'accommodation.

Les mouvements de l'iris sont le plus souvent en rapport avec l'intensité de la lumière qui tombe sur la rétine. Lorsque cette membrane nerveuse ne reçoit qu'un petit nombre de rayons lumineux, l'ouverture de l'iris se dilate; lorsqu'au contraire la lumière qui tombe sur la rétine est vive, la même ouverture se resserre. Ce n'est pas seulement la lumière solaire qui produit cet effet; tout rayon lumineux un peu intense, quelle qu'en soit la source, donne lieu à un resserrement de la pupille.

L'application de certains narcotiques sur l'œil produit une dilatation de la pupille : cette propriété, que possède à un si haut degré la belladone, est mise à profit par les chirurgiens quand ils se proposent d'agrandir le champ pupillaire. La dilatation permanente de la pupille s'observe dans l'amaurose, dans certaines affections cérébrales; au contraire, son resserrement a lieu dans l'iritis, dans l'empoisonnement par la strychnine, etc.

Les physiologistes ont cherché à se rendre compte de la rapidité avec laquelle l'iris se resserre sous l'influence d'une vive lumière. F. Arnold, s'appuyant sur l'existence d'un filet nerveux qui de la rétine irait aboutir au ganglion ophthalmique, avait émis l'opinion que l'impression produite sur la rétine ne va pas au delà du ganglion, et que de celui-ci l'excitation se réfléchit sur les rameaux moteurs de l'iris. Cette théorie ne saurait être admise. Il est démontré que l'impression visuelle produite sur le fond de l'œil parvient à l'encéphale, et qu'elle se réfléchit sur le nerf moteur oculaire commun chargé de transmettre à l'iris le principe de ses mouvements. Les expériences que nous rapporterons plus loin concourent à établir cette démonstration.

Plus loin aussi nous aurons à déterminer les relations des mouvements de l'iris avec le système nerveux central.

PARTIES PROTECTRICES DE L'ŒIL.

Les parties protectrices de l'œil diffèrent entre elles autant sous le rapport de leur organisation que sous celui de leurs usages propres. Si toutes ces parties tendent vers un but commun, qui est de soustraire le globe oculaire à l'action des

(1) *Mém. de la Société médicale d'émulation*, t. VIII, p. 631.
(2) *Mém. cité.*

extérieures ou à l'impression d'une lumière trop vive, en effet chacune coopère d'une manière différente. Il est donc nécessaire d'examiner sépa- rôle de ces parties, qui sont les orbites, les sourcils, les paupières et lacrymal. Leur ensemble a reçu, autrefois et à juste titre, le nom de *oculi*.

. — Ces deux cavités, placées à la partie supérieure de la face, sont ar l'assemblage d'un certain nombre d'os. Chez l'homme, elles ont l'une pyramide à quatre pans, à base tournée en avant, à sommet dirigé . La base est dirigée obliquement d'avant en arrière et de dedans , d'où il résulte que la paroi externe de l'orbite a une longueur moindre oi interne. Cette disposition augmente l'étendue du champ visuel en hez beaucoup d'animaux, l'obliquité de la base est beaucoup plus pro- e chez l'homme. La paroi externe de l'orbite est bien plus solidement que la paroi interne qui, formée en grande partie par l'os planum et st d'une fragilité extrême. Cette circonstance anatomique est sans doute avec les chances plus grandes de lésion du globe oculaire par le côté e par l'interne.

ne renferme pas seulement le globe oculaire, elle contient aussi des ont nous avons étudié les usages, une certaine quantité de graisse qui la fois à faciliter les mouvements de l'œil et à donner à cet organe on fixe. Ce coussin graisseux ne disparaît jamais entièrement; il existe z les individus qui ont succombé dans le marasme.

. — Une saillie de l'os frontal désignée sous le nom d'arcade sourci- uscle spécial (le muscle sourcilier), la peau recouverte de poils, telles rties qui entrent essentiellement dans la constitution des sourcils.

cils n'existent pas seulement chez l'homme; on les retrouve chez les ils sont même très proéminents. Dans quelques autres vertébrés, ils se sous la forme de poils rares et longs.

és spécialement dans l'espèce humaine, les sourcils offrent une série

sent; le sourcilier et l'orbiculaire les rapprochent et les abaissent sous l'influence de la colère, de la haine, de l'envie, etc., alors que tous les traits de la face se contractent et se resserrent.

Paupières. — Ces voiles mobiles, placés au-devant de l'œil, sont, dans beaucoup d'espèces animales, au nombre de trois : deux transversaux et un vertical. On désigne ce dernier sous le nom de *membrane clignotante*.

Chez les poissons il n'existe pas, à proprement parler, de paupières. Mais, chez presque tous, la peau, amincie, passe au-devant du globe oculaire en formant une sorte de membrane transparente. Le poisson-lune fait exception à cette règle générale.

Dans les reptiles, et notamment dans les serpents, on trouve une disposition qui se rapproche beaucoup de la précédente : au-devant de l'œil, se rencontre une paupière immobile, transparente, semblable à un verre de montre. Chez les oiseaux, il existe manifestement trois paupières : la paupière verticale, pourvue d'un muscle qui est propre, prend un développement tellement considérable, qu'elle peut à elle seule cacher tout le globe oculaire. Dans quelques mammifères (le cheval, le lamantin, etc.), un cartilage existe dans l'épaisseur de la membrane clignotante.

Avant d'indiquer les usages des paupières, rappelons sommairement leur constitution et leur disposition chez l'homme. Les paupières sont au nombre de deux : la troisième est tout à fait rudimentaire, et se présente sous la forme d'un simple repli de la conjonctive au niveau de l'angle interne de l'œil. Les deux paupières n'ont ni la même forme, ni les mêmes dimensions. Dans leur mouvement d'occlusion, la supérieure descend plus que l'inférieure ne monte, aussi leur rencontre a-t-elle lieu au-dessous de la ligne représentant le diamètre transverse de l'œil.

Dans la texture des paupières figurent : la peau, un muscle (l'*orbiculaire*), des cartilages (*cartilages tarses*), un feuillet muqueux qui dépend de la conjonctive, puis enfin un appareil folliculaire et des poils ou *cils*.

La peau offre une grande finesse, et le tissu cellulaire qui la double est d'une grande laxité; deux conditions d'ailleurs favorables aux mouvements rapides dont les paupières sont douées? Les cartilages tarses, qui ne sont guère propres qu'à l'espèce humaine, servent à empêcher l'enroulement sur elle-même de la peau des paupières, et déterminent en grande partie la direction de la fente palpébrale. Un appareil de sécrétion, formé de follicules agrégés et connu sous le nom de glandes de Meibomius, est contenu dans leur épaisseur. Le nombre de ces glandes varie pour les deux paupières : à la supérieure, il en existe de trente à quarante, à l'inférieure on en trouve de vingt à trente seulement. Leur produit de sécrétion est un liquide épais, jaunâtre, formé de globules semblables à ceux de la graisse. C'est ce liquide qui, se concrétant par suite de l'évaporation des parties les plus fluides, se montre au réveil, sous la forme d'une petite masse jaunâtre (*chassie*) qui occupe le grand angle de l'œil. L'humeur sécrétée par les glandes de Meibomius lubrifie le bord libre des paupières, favorise le glissement de ces voiles membraneux sur le globe oculaire, et s'oppose en partie à l'écoulement des larmes sur la joue.

Les mouvements accomplis par les paupières sont, les uns des mouvements d'occlusion, et les autres des mouvements de dilatation ou d'écartement.

Les premiers présentent divers degrés, depuis le mouvement que l'on exécute instinctivement à chaque instant, et qui est assez faible pour passer inaperçu, jusqu'à celui qui a lieu quand on veut dérober l'œil à l'action d'une vive lumière. Dans toutes ces circonstances le mouvement de constriction a pour seul et unique agent le muscle orbiculaire des paupières. La disposition circulaire des fibres de ce muscle explique l'effet produit par sa contraction.

Quant aux mouvements de dilatation palpébrale, ils s'effectuent sous l'influence de la contraction du muscle élévateur de chaque paupière supérieure. Il faut aussi tenir compte de la cessation d'action de l'orbiculaire qui donne lieu à un léger déplacement en bas de la paupière inférieure. Quelques physiologistes admettent que la paupière inférieure peut concourir à l'agrandissement de la fente palpébrale lorsque le globe oculaire se porte en bas, et l'expliquent par la pression de l'œil sur cette paupière. Dugès (1) rejette une pareille explication, tout en admettant la probabilité du fait : suivant lui, cette action du globe oculaire sur la paupière inférieure est due au repli conjonctival qui, de la face postérieure de la paupière, se porte à la face antérieure du globe de l'œil.

L'occlusion de l'œil ne paraît pas s'opérer de la même manière pendant la veille et le sommeil. Dans le premier cas, le rapprochement des paupières est actif; il résulte de la contraction du muscle orbiculaire des paupières. Dans le second cas, le rapprochement est passif et dû à la chute de la paupière supérieure par suite du relâchement de son muscle élévateur.

Les mouvements des paupières sont, les uns volontaires, les autres semi-volontaires; ces derniers sont désignés sous le nom de *clignement*. Le clignement est un acte complexe : il exige d'abord le relâchement du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis la contraction de l'orbiculaire des paupières, enfin la contraction de l'élévateur. Ces trois actes se succèdent avec une grande rapidité; ils résultent d'ailleurs d'une sensation préalable, connue sous le nom de besoin de cligner. Cette sensation, qui a son point de départ à la surface de la conjonctive, est transmise par des filets du trijumeau; nous citerons plus loin des expériences qui prouvent en effet que la section intra-crânienne de ce nerf abolit, chez les animaux, la sensation du besoin de cligner. La coopération du nerf facial au clignement est également nécessaire; elle est d'ailleurs démontrée par l'aspect des paupières chez les individus atteints de paralysie faciale : dans les cas de ce genre, on observe un écartement constant des paupières, l'élévateur de la paupière supérieure restant contracté sous l'influence du nerf moteur oculaire commun. En résumé, trois nerfs, le facial, l'oculo-moteur commun et le trijumeau, concourent à l'accomplissement d'un acte presque aussi rapide que la pensée.

Les détails précédents suffisent pour nous faire pressentir l'usage des paupières. Ces organes sont destinés d'abord à soustraire les yeux à l'action incessante de la lumière : comme tous les autres sens, le sens de la vue se fatigue sous l'influence répétée de son excitant naturel, et l'on peut avoir une idée de l'importance du rôle des paupières, sous ce rapport, en ayant égard aux résultats de la destruction de ces organes, ou bien encore aux effets de la paralysie du nerf facial; dans ces différents cas, on observe constamment une inflammation de la conjonctive et de la cornée, qui entraîne souvent la perte de l'œil lui-même. C'est

(1) *Physiologie comparée*, t. I, p. 223.

également en s'abaissant au-devant du globe oculaire que les paupières le mettent à l'abri du contact des corps extérieurs. Enfin, les paupières ont encore pour usage d'étendre les larmes à la surface de la conjonctive.

Quant aux cils qui garnissent les bords des paupières, leur disposition est telle qu'ils se regardent par leur convexité, et que, lors du rapprochement des paupières, ils s'imbriquent sans jamais se mêler. S'il fallait donner une preuve de l'utilité des cils, on n'aurait qu'à invoquer l'exemple d'individus qui, les ayant perdus, sont atteints d'une inflammation chronique de la conjonctive. Les cils servent en effet à éloigner de la surface de l'œil les corpuscules qui pourraient léser cet organe délicat; comme les sourcils, ils contribuent aussi à diminuer l'intensité d'une lumière trop vive. Lorsqu'ils sont humides, les petites gouttelettes déposées à leur surface décomposent la lumière à la manière du prisme, et le point d'où vient la lumière paraît irisé.

Appareil lacrymal. — Une glande chargée de la sécrétion des larmes, des conduits excréteurs et un ensemble d'organes destinés à porter au dehors les larmes elles-mêmes, constituent l'appareil lacrymal.

Cet appareil n'existe pas chez les *poissons;* et en effet en quoi eût-il pu servir à des animaux qui vivent constamment dans l'eau, et chez lesquels par conséquent le globe oculaire est sans cesse baigné par ce liquide ? Dans la classe des *reptiles*, on commence à apercevoir un appareil lacrymal. Dans les serpents il existe manifestement une glande lacrymale ; celle-ci est volumineuse dans la couleuvre à collier, moins volumineuse dans les vipères (1). Les larmes sont conduites au dehors par un point lacrymal. Dans les *oiseaux*, on trouve deux glandes dont l'une est connue sous le nom de glande de Harder : cette dernière l'emporte même en volume sur la glande lacrymale proprement dite. Il existe deux trous destinés à l'écoulement des larmes; ces trous s'ouvrent presque immédiatement dans le sac nasal situé à la base du nez (2).

Les *cétacés*, semblables sous ce rapport aux poissons, sont dépourvus d'appareil lacrymal. Il n'en est pas de même des autres mammifères, chez lesquels cet appareil acquiert un grand degré de perfectionnement. Dans le lièvre et le lapin, la glande lacrymale est très volumineuse, mais simple; dans les ruminants, elle est au contraire divisée en deux ou trois segments. Dans le lièvre, l'éléphant, le paresseux, etc., on rencontre aussi une autre glande, celle de Harder : située au niveau de l'angle interne ou nasal, cette glande sécrète une humeur épaisse et blanchâtre. Les points lacrymaux sont remplacés, chez les animaux dont nous venons de parler, par une fente en croissant qui existe sous le bord inférieur de la troisième paupière, et qui est l'orifice d'un canal lacrymal unique (3).

Chez l'homme, la glande lacrymale est logée dans la fossette lacrymale de l'orbite. Divisée en deux segments, elle a une structure semblable à celle des glandes salivaires : elle reçoit des nerfs qui lui viennent du rameau lacrymal de l'ophthalmique (cinquième paire) et du grand sympathique, et fournit un certain nombre de conduits excréteurs, découverts sur le mouton par N. Sténon (4), démon-

(1) J. CLOQUET, *Mémoire sur l'existence et la disposition des voies lacrymales dans les serpents* (*Mém. du Muséum d'hist. nat.*, t. VII).
(2) CUVIER, *Anatomie comparée*. Paris, 1845, t. III, p. 459.
(3) CUVIER, *ouvr. et vol. cit.*, p. 458.
(4) *De glandulis oculorum*, 1665.

ı l'homme par Hunter (1) et Al. Monro (2). On n'est pas encore par-
fixé sur leur nombre : Sténon en a figuré onze chez le mouton ; sui-
nmering (3), il y en aurait sept chez l'homme ; Gosselin (4) n'en a in-
: deux au moyen du mercure. D'après Sappey (5), il existe trois à cinq
principaux, et deux ou trois conduits accessoires. La glande de Harder
es dans l'espèce humaine.

mes sont constituées par un liquide clair et limpide, inodore, mais doué
eur salée. Ce liquide est formé d'une grande quantité d'eau, environ
ıgt-dix-neuf parties sur cent ; il renferme de plus du chlorure de so-
phosphate de soude, du phosphate de chaux, et de la soude à l'état libre.
a admis dans les larmes l'existence de globules arrondis, qu'il a décrits
mais Donné (7) attribue le fait signalé par Ribes aux corpuscules ren-
ns la capsule extérieure du cristallin ou dans l'humeur de Morgagni.

étion des larmes est continue ; elle est influencée à la fois par le nerf de
me paire et par le grand sympathique. Magendie (8), qui a eu l'occasion
plusieurs fois le rôle du premier, rapporte l'avoir piqué sur l'homme au
ıne aiguille fine qu'il faisait traverser par un courant galvanique. Cette
: a constamment eu pour résultat d'augmenter la sécrétion des larmes.
. de ces conditions, d'autres circonstances modifient l'activité de la sé-
:rymale, et, sous ce rapport, on connaît l'influence des émotions de
joie, la tristesse, la colère, etc., arrachent des larmes à l'homme qui
es sentiments si divers. Toute irritation portée sur la conjonctive ou la
nasale produit le même effet. On observe encore une hypersécrétion
; dans les efforts violents, dans les actes qui entraînent la suspension mo-
de l'inspiration, tels que le rire, l'éternument, etc.

ıes sont versées à la surface de la conjonctive par les conduits excré-
glande lacrymale. Que deviennent-elles alors ? Il importe d'établir une
entre l'état de sommeil et l'état de veille, puisque les conditions des
ıont différentes dans ces deux cas. Les uns ont pensé que, durant le som-

larmes dans la même direction. Dans certains cas, les larmes sont déviées de leur direction normale : cela arrive quand la tête est penchée trop fortement sur le côté ou lorsque la sécrétion des larmes est très abondante.

Arrivées au niveau de l'angle interne des paupières, les larmes passent dans les conduits lacrymaux. La manière dont s'opère ce passage a été diversement interprétée. Rappelons d'abord que les deux points lacrymaux regardent en arrière, et qu'en conséquence ils plongent dans le liquide lacrymal accumulé à l'angle interne de l'œil. J.-L. Petit (1), comparant les conduits lacrymaux et le canal nasal à un siphon dont la branche verticale serait unique et la branche horizontale double, rendait compte de l'absorption des larmes par le même mécanisme que celui du siphon lui-même; mais il oubliait qu'un siphon agit seulement après qu'il a été rempli de liquide, et d'ailleurs on peut objecter que, quand la tête est renversée en bas et que les deux branches du siphon ont une disposition inverse, le cours des larmes n'est pas entravé. D'autres observateurs, ayant égard au calibre si étroit des conduits lacrymaux, ont invoqué les lois de la capillarité pour expliquer le passage des larmes dans leur intérieur. Sédillot, notant la tendance au vide, qui a lieu dans les fosses nasales pendant l'inspiration, a admis que la pression atmosphérique extérieure suffisait pour faire pénétrer les larmes dans ces conduits, etc. Il semble rationnel de croire que le passage des larmes dans les conduits lacrymaux est à la fois le résultat de la pression atmosphérique et des lois de la capillarité. Peut-être aussi doit-on adopter l'opinion de P. Bérard, qui considère les petits faisceaux musculaires, connus sous le nom de *muscles de Horner*, comme des agents dilatateurs des conduits lacrymaux et comme adjuvants de l'absorption des larmes.

Une fois parvenues dans les conduits lacrymaux, les larmes passent directement dans le sac lacrymal. Elles sont ensuite portées dans le canal nasal par le fait même de la pesanteur, et probablement aussi par la pression que le muscle de Horner exerce sur le sac lacrymal. Enfin elles arrivent à l'orifice inférieur du canal nasal, qui les transmet dans le méat inférieur des fosses nasales.

Les larmes conservent à la surface de l'œil son poli et sa transparence, en même temps qu'elles entretiennent à cette surface une couche de liquide qui empêche l'évaporation des fluides renfermés dans le globe oculaire lui-même ; elles rendent le glissement des paupières plus facile, et protégent l'œil contre le contact immédiat de l'air.

ORGANE ET SENS DE LA VUE DANS LA SÉRIE ANIMALE.

C'est en prenant l'homme pour type que nous venons de tracer l'histoire de la vue; il nous reste à examiner rapidement ce sens et son organe dans la série animale.

Le mécanisme de la vue et la structure du globe de l'œil étant, à peu de chose près, les mêmes chez l'homme et chez tous les mammifères, ainsi que chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, nous ne devrons guère nous arrêter aux animaux de ces diverses classes. Au contraire, dans les crustacés, les insectes, etc., les organes visuels différant sensiblement des nôtres, nous devrons exposer avec quelques détails leurs particularités et leurs différences les plus essentielles.

(1) Dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1734. — Du même auteur, *Troisième et quatrième Mémoire sur les maladies du siphon lacrymal*. Paris, 1743-1744.

En général, les *mammifères* qui cherchent leur nourriture dans l'obscurité ont les globes oculaires relativement plus gros que ceux des mammifères qui la cherchent en plein jour. Les nocturnes, comme certains sapajous parmi les singes, et surtout les galagos, les tarsiers, l'aye-aye parmi les makis; les chats, les phoques, dans l'ordre des carnassiers; les écureuils, les gerboises, dans celui des rongeurs; et aussi les chevaux, parmi les ongulés, ont des yeux beaucoup plus volumineux proportionnellement que les autres espèces des mêmes groupes. De plus, la cornée transparente, ainsi que l'iris, est beaucoup plus large; celui-ci est plus contractile, ce qui très probablement indique plus de sensibilité dans la rétine; la pupille, en se rétrécissant sous l'influence de la lumière, au lieu de conserver sa forme circulaire, prend ordinairement l'apparence d'une fente. Si, par sa vie souterraine, le mammifère est condamné à une obscurité complète, l'organe visuel disparaît presque tout entier, et se trouve réduit à un très petit bulbe rudimentaire entièrement recouvert par la peau : exemple, le zemni. Si l'animal vient encore quelquefois à la lumière, comme la taupe, la musaraigne, etc., l'œil, quoique minime, n'en est pas moins assez complet pour être d'un utile usage. Quant aux mammifères qui vivent dans l'eau, ils ont le cristallin plus sphérique que celui des mammifères qui vivent dans l'air, et cette disposition était indispensable pour accroître le pouvoir réfringent de l'œil qui, toutes choses égales d'ailleurs, doit rassembler les rayons lumineux avec d'autant plus de force qu'il est placé dans un milieu d'une densité plus grande. Dans les espèces qui sortent assez souvent de l'eau, comme le castor, la loutre, etc., le cristallin offre déjà une convexité assez forte; mais celle-ci est bien plus prononcée dans les mammifères qui, comme les phoques, poursuivent et atteignent leur proie dans l'eau. Les cétacés offrent, dans la structure de l'œil, le summum de la disposition aquatique, c'est-à-dire un cristallin presque complétement sphérique, avec une cornée transparente fort plane.

Beaucoup de mammifères ont une portion de la choroïde dépourvue de matières colorantes; cette portion, située au fond de l'œil, porte le nom de *tapis*. Elle est tantôt d'un blanc d'argent, tantôt jaunâtre, bleuâtre ou même rougeâtre. Monro et Desmoulins supposent que le tapis ajoute à la force des impressions visuelles, attendu que la rétine est traversée deux fois par les mêmes faisceaux lumineux, etc. Mais, en réalité, ses usages sont tout à fait inconnus: l'espèce de nourriture, l'époque de la journée à laquelle elle est recherchée, le milieu qu'habite l'animal (*), ne paraissent être aucunement en rapport avec son existence dans tel ou tel groupe.

Quant à la direction des yeux des mammifères, elle est très variable. Chez l'homme et les singes, ces organes sont dirigés en avant; mais à mesure qu'on descend, dans la série des mammifères, vers ceux dont les facultés cérébrales sont moins développées, on voit les yeux s'écarter toujours davantage l'un de l'autre, devenir de plus en plus latéraux, au point que l'animal ne peut voir directement devant lui, et que la sphère de la vision est tout à fait différente pour chaque œil.

L'œil des *oiseaux* est beaucoup plus grand, proportionnellement, que celui des mammifères: aussi leur vue est-elle plus développée et plus parfaite que celle de ces derniers. On sait que, élevés dans l'air à des hauteurs énormes, plusieurs oiseaux peuvent nettement distinguer, à la surface de la terre, les petits animaux dont ils se nourrissent, et fondre sur eux sans la moindre hésitation. C'est dans ces oiseaux

(*) Les cétacés ont un tapis qui est d'un blanc d'argent ou bleuâtre.

de haut vol que Desmoulins a signalé des plis larges et multipliés de la rétine, plis qui, suivant cet observateur, en augmentant en divers points l'épaisseur de l'écran sensible, renforcent la sensation dans une grande étendue. Une expansion plissée en éventail ou à la manière d'une bourse, et toujours teinte en noir, s'élève de l'insertion du nerf optique pour se diriger vers le centre du cristallin; on a donné à cet appendice le nom de *peigne*. Ses usages sont mal définis: on a dit que le peigne servait à l'absorption et à l'exhalation de l'humeur vitrée, qu'il pouvait tirer le cristallin en arrière pour rapprocher son foyer de la rétine, qu'en adhérant fortement au corps vitré il contribuait à la fixité et à la tension des parties intérieures de l'œil, qu'il était destiné à soustraire une portion de la rétine à l'impression des objets situés devant l'animal et à mieux isoler les deux yeux, etc. ; mais, évidemment, ce sont là autant d'assertions sans aucune preuve.

Dans les oiseaux, l'iris est plus large et plus contractile que dans les mammifères; la pupille est constamment circulaire. On sait que les perroquets ont la singulière faculté de dilater ou de contracter cette ouverture, indépendamment de l'action de la lumière, et que les coucous jouissent de la même faculté, mais à un degré moindre. Aussi a-t-on supposé que, chez ces oiseaux, les mouvements de l'iris étaient volontaires.

Les espèces qui s'élèvent le plus dans les airs, qui peuvent y demeurer le plus longtemps, et apercevoir un espace immense dans tous les points de la sphère dont elles sont le centre, sont aussi celles dont le cristallin est le plus aplati, comme les oiseaux de proie diurnes, certains échassiers, etc. Au contraire, les espèces qui restent le plus communément à terre, comme les gallinacés et plusieurs autres genres, ont le cristallin sensiblement plus convexe. Enfin les oiseaux qui plongent souvent dans l'eau, non pas seulement pour y saisir leur proie qu'ils palpent avec leur bec, comme les canards, mais pour y poursuivre cette proie vivante, comme tous les plongeons et genres voisins, ont le plus possible l'œil d'un poisson, c'est-à-dire que le cristallin devient de plus en plus sphérique, suivant que ces habitudes sont plus ou moins prononcées. On peut se convaincre de la vérité de ces observations en comparant successivement les cormorans, les canards, les plongeons, les macareux, etc. (1).

La cornée transparente est grande, très convexe chez les oiseaux, et la sclérotique est fortifiée en avant par un cercle de plaques osseuses, logées dans son épaisseur.

Sous le rapport de leur organe visuel, c'est avec les oiseaux que les *reptiles* ont le plus d'analogie; toutefois cet organe est bien loin d'atteindre le même degré de perfectionnement, ce qui d'ailleurs eût été sans but, puisque aucun de ces animaux ne quitte la terre ou ne s'élève que fort peu dans les airs. On n'y trouve que rarement quelque prolongement ayant de l'analogie avec le peigne des oiseaux; le cristallin est beaucoup plus convexe, surtout dans les espèces tout à fait aquatiques, où il est à peu près sphérique. La pupille est en général circulaire; elle est losangique dans les grenouilles, transversalement dirigée dans les salamandres, etc. Le protée et la cœcilie sont aveugles: leur œil rudimentaire consiste en un globule noirâtre situé au milieu d'une petite masse de tissu cellulaire.

Les *poissons*, vivant au sein d'un liquide dont la transparence douteuse ne

(1) DE BLAINVILLE, *Principes d'anatomie comparée*, p. 406.

s devoir permettre à la vue de s'étendre bien loin, présentent, dans leur
uel, des dispositions propres à favoriser l'exercice de la vue dans un sem-
ieu. Parmi ces dispositions, il en est une qui paraît surtout concourir au
nement de ce sens, je veux parler des plis qu'on observe, chez un grand
e poissons, non-seulement dans la rétine, mais encore dans le nerf
le lobe encéphalique duquel ce nerf procède : ces plis sont surtout remar-
'après Desmoulins, chez les poissons carnassiers, qui saisissent leur proie
es profondeurs. Quant aux milieux réfringents de l'œil, on sait que le
st volumineux et sphérique, qu'il fait saillie en avant et soulève l'iris,
l'humeur aqueuse est nulle ou presque nulle, vu l'aplatissement consi-
la cornée. Une sorte de bride ou de peigne s'attache en arrière à la
stalline. La pupille, très large, est peu contractile : Cuvier nie toute con-
et Sœmmering le fils a exposé aux rayons du soleil, concentrés à l'aide
lle, l'œil d'un brochet vivant sans déterminer aucun mouvement dans
ontraire, Lacépède assure que différentes espèces peuvent assez con-
r pupille pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale,
cite pas les poissons qui jouissent de cette faculté.

de Blainville (1), qui est porté à admettre chez les espèces voraces un
développement de l'appareil visuel, les poissons voyageurs et de haute mer
ous des yeux très grands, très développés, comme les maquereaux, les
s merlans, etc., tandis que les espèces sédentaires et littorales offrent
ition contraire. Celles qui vivent habituellement dans la vase ont, en
organe de vision moins parfait que celles qui vivent dans l'eau trans-
surtout que celles qui viennent souvent à sa surface. C'est, en effet,
remières que se trouvent les deux seules espèces de poissons entière-
les de l'organe et du sens de la vue : la myxine et l'aptérichte de

rt des *animaux articulés* possèdent le sens de la vue. Leurs yeux, qui

3° d'un corps vitré, moins dense, mais plus épais et plus large que cette lentille, environné par l'expansion rétinale du nerf optique, qui est elle-même recouverte d'une couche épaisse de matière colorante. La structure des stemmates a donc de l'analogie avec celle de chacun des éléments des yeux composés. Du reste, il est fréquent de voir ces deux sortes d'organes coexister chez un même animal : on trouve cette coexistence dans quelques crustacés (limule polyphème, cyame, apus, etc.), et dans les insectes orthoptères, hémiptères, névroptères, hyménoptères, etc. ; à quelques exceptions près, les yeux simples sont réunis en groupe, au nombre de trois, vers le sommet de la tête et entre les deux yeux composés.

On suppose, et tout porte à admettre cette hypothèse, que les stemmates des insectes ne sont destinés qu'à la vision des objets les plus voisins, tandis que les yeux à réseau voient les objets éloignés. Dugès (1) dit avoir reconnu expérimentalement, comme Réaumur et Marcel de Serres, que les insectes se passent beaucoup mieux de leurs stemmates que de leurs yeux composés; il n'a pu en déduire aucune autre conclusion certaine, si ce n'est qu'il leur restait, avec ces premiers « la distinction des ténèbres et de la lumière ». Les mantes qui, seules parmi les insectes, tournent le devant de leur tête vers les objets propres à fixer leur attention, continuent à exécuter ce mouvement, lors même qu'on a détruit ou couvert les yeux simples; les guêpes, les sauterelles, volent et sautent comme avant l'opération. Dugès est d'ailleurs porté à admettre aussi, avec J. Müller (2), que de tels yeux ne sont bons qu'à voir des objets très rapprochés, et à croire qu'ils sont destinés, comme ceux des limaçons, à faciliter la recherche des aliments et la manducation : ils sont effectivement les seuls organes de vision des larves, qui n'ont autre chose à faire que de se nourrir.

On ne sait rien de précis sur le mécanisme de la vision chez les insectes, à l'aide de leurs yeux composés. Si l'on pouvait démontrer que chaque stemmate fonctionne comme l'œil de l'homme, ce ne serait point encore une raison de conclure que, dans les yeux composés, il y a seulement répétition du même mécanisme autant de fois qu'il y a de cornéules représentant des stemmates ou ocelles : car, malgré les analogies indiquées plus haut, on doit se rappeler que les stemmates, dont se compose l'œil à réseau, ont une forme particulière, qu'ils sont toujours pyramidaux ou coniques et allongés, tandis que les vrais stemmates sont toujours subglobuleux et courts. Il ne saurait donc y avoir ici aucun effet analogue à celui de la chambre obscure, aucun croisement de faisceaux dirigés vers le fond de chaque ocelle, ce fond n'étant qu'un point pour ainsi dire géométrique, et tout faisceau croisé, arrivé sur les parois du cône transparent, devant être absorbé par le pigment choroïdien (3). Supposons les tubes ou prismes oculaires disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe représentée par l'extrémité renflée du nerf optique : avec un tel arrangement, tout point lumineux placé en avant de l'appareil enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes, mais ceux qui rencontreront ces prismes avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois avant de pénétrer jusqu'à la surface sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau, très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à

(1) *Traité de physiologie comparée*, t. I, p. 322.
(2) *Zur vergleichenden Physiol. des Gesichtssinnes*. Leipzig, 1826.
(3) Dugès, *ouvr. cit.*, t. I, p. 329.

l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur. Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit au moyen de tels appareils, en comparant celles-ci soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Dans les *arachnides*, les yeux semblent être construits d'après le même principe que ceux des animaux vertébrés. Ils sont toujours *simples* et en nombre assez considérable : on en compte ordinairement huit, et l'on distingue dans chacun d'eux une cornée transparente, derrière laquelle se trouvent un cristallin, une humeur vitrée, puis une rétine qui est formée par l'expansion d'un nerf optique et enveloppée de matière colorante.

Quoique l'œil des *mollusques* soit le plus souvent rudimentaire et qu'il disparaisse rapidement dans un grand nombre de ces animaux, il est pourtant certaines espèces favorisées chez lesquelles l'organe visuel renferme toutes les parties essentielles à celui des animaux supérieurs, même l'iris et le corps ciliaire : c'est dans les céphalopodes qu'on peut faire de semblables observations (1).

L'œil des mollusques est quelquefois sessile et même tout à fait immobile ; d'autres fois il est porté sur une sorte d'appendice qui peut le diriger dans divers sens. D'après Swammerdam, parmi les gastéropodes, le limaçon offre, à l'extrémité de son tentacule supérieur, un véritable œil, formé d'une choroïde transparente en avant, noire en arrière, et contenant un fluide vitré dans lequel est suspendu un cristallin lenticulaire et très mou. Du reste, cet organe visuel ne semble guère pouvoir servir qu'à la vision d'objets très rapprochés, car les limaçons n'évitent pas les obstacles qu'on leur présente, à moins que ces obstacles ne soient tout près de leurs tentacules.

Parmi les ptéropodes, les cliodores et les cymbulies semblent posséder le sens de la vue, qui, au contraire, manque aux clios, aux pneumodermes et aux hyales. Il n'y a pas d'yeux chez les mollusques acéphales : un tel organe leur eût été inutile, puisque la plupart ne quittent point le lieu de leur naissance.

Plusieurs *zoophytes* paraissent être sensibles à l'action de la lumière : aussi a-t-on décrit, dans plusieurs genres, comme les planaires, les béroés et les méduses, des points colorés que l'on a considérés comme étant des yeux. La vérité est que, jusqu'à présent, on est loin d'avoir fait des observations propres à démontrer l'existence de la vision chez les zoophytes même les plus élevés.

(1) Pour la description de l'œil de la sèche, du poulpe et du nautile, consulter : DE BLAINVILLE, *Principes d'anat. comp.*, p. 441. — CUVIER (G.), *Mém. pour servir à l'hist. des mollusques*. Paris, 1817, in-4, fig. — R. OWEN, *Mem. on the Pearly Nautilus*, etc. London, 1832, in-4, avec 8 pl.

SENS DE L'OUÏE.

DU SON OU AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS AUDITIVES.

Avant d'aborder l'étude du sens de l'ouïe, il importe de rappeler les diverses propriétés du son et les causes physiques capables de le produire.

Quand, par une action mécanique, les molécules d'un corps sont écartées de leur position d'équilibre, on observe constamment qu'elles tendent à y revenir. Mais le retour à leur état primitif s'opérant en vertu d'une force accélératrice, l'*élasticité*, elles arrivent à leur point de repos avec une certaine vitesse acquise qui les oblige à faire une excursion dans une direction opposée; d'où une série d'allers et de retours qui durent pendant un temps plus ou moins long. Ce mouvement vibratoire a été supposé comparable aux oscillations du pendule, et cette hypothèse s'est vérifiée par l'usage qu'on en a fait dans la recherche des lois auxquelles sont soumises les vibrations des substances pondérables.

Les ondulations déterminées dans les molécules d'une substance se communiquent aux corps environnants; de là une perte de force qui limite nécessairement leur durée.

Toutes les fois qu'il existe une série non interrompue de milieux matériels entre un corps élastique vibrant avec rapidité et l'appareil auditif, il en résulte sur ce dernier une impression spéciale, qui, transmise au *sensorium* par le nerf acoustique, donne lieu à la sensation du *son*. Il y a donc deux choses essentiellement distinctes à considérer dans le son : d'un côté, le mouvement vibratoire qui en est l'origine ; de l'autre, l'action produite par ce mouvement sur un appareil sensitif déterminé.

Tous les corps de la nature, pourvu que leur élasticité soit suffisante, sont susceptibles de vibrer et de devenir ainsi des corps sonores. Quelques exemples suffiront pour mettre en évidence les oscillations moléculaires des corps sonores et les mouvements généraux de leur masse qui en sont la conséquence : on se rappelle les incurvations d'une corde tendue qu'on fait vibrer, incurvations qui se traduisent par une apparente amplification de son volume ; on se souvient encore du frémissement ressenti en appliquant légèrement le doigt sur une cloche de verre, pendant qu'elle engendre un son, etc.

Entre le corps vibrant et l'appareil auditif, il faut, avons-nous dit, une matière pondérable quelconque pour que le son soit perçu. Si nous entendons les divers sons produits autour de nous, c'est que nous sommes placés dans l'air, et que ce corps gazeux est pour notre oreille le véhicule des ondes sonores. Il en est de même de l'eau, quand nous sommes plongés dans ce liquide ; c'est un phénomène analogue qui nous fait percevoir les divers sons qu'on peut produire à l'extrémité d'un corps solide en contact immédiat avec les portions extérieures de notre appareil auditif.

On peut prouver, par une expérience fort simple, qu'un milieu pondérable est nécessaire à la propagation du son. Sous la cloche d'une machine pneumatique, on place un timbre métallique dont le marteau est mis en mouvement au moyen d'un ressort d'horlogerie; ce timbre repose d'ailleurs sur des substances molles et peu propres à transmettre le son aux solides environnants. Tant que le timbre est

plongé dans l'air, les ondes sonores arrivent à l'oreille et produisent une sensation auditive; mais, aussitôt que l'air est suffisamment raréfié et le vide presque complet, toute perception cesse, quoique les vibrations du timbre persistent encore, grâce aux ébranlements mécaniques qu'il reçoit.

Pour faire comprendre comment le milieu interposé entre l'organe de l'ouïe et le corps mis en vibration sert à la propagation des ébranlements qui deviennent l'origine du son, prenons l'exemple d'un milieu gazeux, de l'air. Afin de simplifier le problème, nous choisirons le cas où les ondes sonores se transmettent suivant une direction unique bien connue. Soit un tuyau cylindrique d'une section assez petite et d'une longueur indéterminée; à l'une de ses extrémités se trouve une

lame élastique LL', disposée perpendiculairement à l'axe du cylindre, et dont les limites d'excursion sont comprises entre LL' et *ab*. Considérons l'état de la colonne d'air contenue dans le tuyau, quand cette lame s'est transportée de LL' en *ab*. A ce moment précis, si la lame s'est arrêtée, nous voyons que la colonne d'air a éprouvé une compression. Mais, en vertu de l'élasticité de l'air, l'impulsion ne s'est pas transmise à toutes les tranches d'air parallèles à la lame; il existe dans la colonne d'air, après le temps employé par la lame pour accomplir son mouvement de L en *a*, une tranche telle que *cd*, qui n'a pas encore reçu d'ébranlement, mais qui est sur le point de le recevoir. La portion de colonne d'air comprise entre *a* et *c* est ce que l'on nomme une longueur d'*onde*. Les molécules d'air de cette onde sonore ne sont pas toutes dans le même état quand la lame élastique s'arrête en *ab*. Si cette lame a atteint cette position en vertu de son élasticité, il est facile de voir, en réfléchissant à la nature de son mouvement, que la vitesse et la compression sont nulles dans les tranches *ab* et *cd*, qu'elles vont en croissant vers les tranches qui occupent le milieu de l'onde.

Mais le mouvement impulsif communiqué à la longueur *ac* ne s'arrête pas à cette portion de la colonne d'air; il se transmet, dans la deuxième unité de temps, à une longueur *ce* égale à *ac*, et la communication se fait de telle sorte que chacune des tranches de la deuxième onde présente exactement la vitesse et la compression des tranches correspondantes de la première. Il semble donc que l'onde se transporte ainsi successivement dans toute la longueur du tuyau, en conservant les mêmes qualités dans ses parties constituantes.

Si la lame s'arrêtait en *ab* indéfiniment, l'onde continuerait à se propager dans le tuyau jusqu'à son extrémité, et chacune des tranches d'air successivement ébranlées rentrerait dans le repos après avoir cédé sa quantité de mouvement à la tranche qui se trouve en avant d'elle.

Pour comprendre, d'une manière complète, le phénomène de la propagation des ondes sonores, il importe de remarquer que la lame tend à revenir à sa position initiale LL', en passant par les mêmes périodes de vitesse; elle détermine dans la colonne gazeuse comprise dans le tuyau une action inverse de la première, elle tend à dilater l'air d'une quantité correspondante à l'espace LL', *ab*. Mais ici

leur spécifique de l'air sous pression constante c par la chaleur spécifique sous volume constant c'. La formule qui indique la vitesse du son dans l'air est donc :

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}(1 + \alpha\theta)\frac{c}{c'}}.$$

Les expérimentateurs qui ont déterminé directement la vitesse du son dans l'air ont fait quelques observations qui confirment en tous points les résultats de a formule de Laplace.

On a constaté aussi que le son est transmis plus rapidement dans une masse d'air agitée, quand la direction du vent est la même que celle des ondulations progressives : l'effet inverse a lieu dans le cas contraire.

Il est évident, d'après la nature des éléments qui entrent dans la formule précédente, que la vitesse du son varie dans les différents gaz. Il nous suffit d'indiquer ce fait, car il serait superflu d'exposer ici avec détail les méthodes indirectes qui ont permis à Dulong d'en vérifier l'exactitude, et de donner les nombres qui expriment cette valeur pour les divers fluides élastiques.

L'appareil auditif renfermant, au nombre de ses parties les plus importantes, des liquides et des solides, nous devons dire quelques mots de la propagation des ondes sonores dans ces milieux.

L'élasticité de ces divers corps, mise en évidence par de nombreuses expériences, ne permet pas de douter que les ondulations sonores s'y transmettent d'une manière analogue à celle que nous avons fait connaître en traitant des fluides élastiques proprement dits.

Quant à la vitesse du son dans les liquides et les solides, elle est beaucoup plus grande que dans les gaz. Laplace a donné une expression analytique de cette valeur, qui s'applique également aux deux premiers genres de milieux. Si g représente l'intensité de la pesanteur, e la variation de longueur d'un cylindre liquide ou solide, d'une hauteur égale à l'unité de longueur, soumis à une pression ou à une traction égale à son poids, la vitesse V du son dans cette matière sera donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{g}{e}}.$$

Quand on substitue les valeurs numériques, données par l'expérience, aux quantités algébriques que renferme cette formule, on trouve que la vitesse du son dans l'eau est de 1421 mètres par seconde.

Il est permis d'avoir foi dans la formule de Laplace, car Colladon et Sturm, qui ont déterminé expérimentalement la vitesse du son dans l'eau sur le lac de Genève, ont trouvé 1435 mètres, nombre qui diffère très peu de celui qui est déduit du calcul. On voit que la propagation des ondes sonores s'opère avec une rapidité quatre fois et demie plus grande dans l'eau que dans l'air.

La vitesse du son est encore beaucoup plus considérable dans les corps solides. Des expériences précises et directes manquent sur ce point de l'acoustique ; mais le résultat que nous énonçons, bien que facile à vérifier par des procédés grossiers, est démontré avec rigueur dans la théorie des vibrations longitudinales des verges. Biot a trouvé, dans une expérience faite par une méthode peu rigoureuse, que le son se propage dans la fonte environ dix fois et demie plus vite que dans l'air.

En résumé, on voit que la vitesse de propagation des ondulations sonores va successivement en croissant dans les gaz, dans les liquides et les solides.

Propriétés du son. — Après avoir démontré comment les vibrations moléculaires des corps deviennent l'origine de mouvements ondulatoires qui, transmis à l'oreille, donnent lieu à une impression spéciale, il est nécessaire de faire connaître les propriétés fondamentales du son. Ces notions sont indispensables pour pouvoir comprendre diverses particularités de l'histoire physiologique du sens de l'ouïe.

Pour prévenir toute erreur, nous devons faire observer, avant d'aller plus loin, qu'il existe dans le langage une confusion regrettable relativement au mot *son*. C'est ainsi qu'on dit d'un son qu'il est agréable ou désagréable, en faisant allusion à la sensation elle-même; on comprend aussi, sous la même dénomination, les ondulations des milieux qui transmettent le mouvement oscillatoire, quand on parle de la vitesse du son dans l'air, dans l'eau, dans un solide. Il est bon de signaler ces diverses acceptions d'un même mot, tout en se conformant au langage généralement adopté.

On reconnaît au son quatre propriétés fondamentales : la *durée*, l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*. Nous allons essayer de définir chacune d'elles, et de faire comprendre leurs conditions matérielles.

La *durée* d'un son qui affecte l'organe auditif est déterminée par la durée totale du mouvement vibratoire dans le corps directement ébranlé. Évidemment il doit en être ainsi, puisque la première ondulation sonore, ainsi que la dernière, arrive à l'appareil sensorial après un temps identique.

Les observations les plus simples prouvent que l'*intensité* du son, dans le lieu même de sa génération, augmente avec l'amplitude des mouvements vibratoires qui en sont l'origine.

On constate encore que la force de l'impression produite sur l'appareil auditif décroît à mesure qu'on s'éloigne du corps vibrant. Mais ces résultats d'une expérience de tous les jours peuvent être présentés avec une grande rigueur, si l'on tient compte des conditions mécaniques qui accompagnent la sensation auditive. C'est ainsi qu'on démontre, en physique, que l'intensité d'un son est proportionnelle au carré de l'amplitude des vibrations des ondes élémentaires qui parviennent à l'organe de l'ouïe.

En traitant du mode de propagation des ondes sonores dans l'air, nous avons déjà dit que, dans un milieu homogène où les ondes se propagent sphériquement, l'intensité du mouvement ondulatoire décroît, sur une même ligne droite passant par le centre d'ébranlement, comme le carré de la distance au corps mis en vibration. On comprend que l'impression produite par les ondulations sur l'appareil auditif devra varier avec la distance d'après une loi identique. Cette loi ne saurait être vérifiée par des moyens exacts; nous manquons, en effet, des procédés organiques nécessaires à l'appréciation rigoureuse de l'intensité des perceptions auditives.

Si les ondes sonores se transmettent dans un espace cylindrique suivant la direction de son axe, la théorie indique que le son engendré par elles doit conserver indéfiniment la même intensité. On voit que, dans ce cas, les tranches d'air successivement ébranlées ont la même étendue dans toutes les portions du cylindre. Ce résultat théorique peut être vérifié expérimentalement, en produisant des sons

leur spécifique de l'air sous pression constante c par la chaleur spécifique sous volume constant c'. La formule qui indique la vitesse du son dans l'air est donc :

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}(1 + \alpha\theta)\frac{c}{c'}}.$$

Les expérimentateurs qui ont déterminé directement la vitesse du son dans l'air ont fait quelques observations qui confirment en tous points les résultats de a formule de Laplace.

On a constaté aussi que le son est transmis plus rapidement dans une masse d'air agitée, quand la direction du vent est la même que celle des ondulations progressives : l'effet inverse a lieu dans le cas contraire.

Il est évident, d'après la nature des éléments qui entrent dans la formule précédente, que la vitesse du son varie dans les différents gaz. Il nous suffit d'indiquer ce fait, car il serait superflu d'exposer ici avec détail les méthodes indirectes qui ont permis à Dulong d'en vérifier l'exactitude, et de donner les nombres qui expriment cette valeur pour les divers fluides élastiques.

L'appareil auditif renfermant, au nombre de ses parties les plus importantes, des liquides et des solides, nous devons dire quelques mots de la propagation des ondes sonores dans ces milieux.

L'élasticité de ces divers corps, mise en évidence par de nombreuses expériences, ne permet pas de douter que les ondulations sonores s'y transmettent d'une manière analogue à celle que nous avons fait connaître en traitant des fluides élastiques proprement dits.

Quant à la vitesse du son dans les liquides et les solides, elle est beaucoup plus grande que dans les gaz. Laplace a donné une expression analytique de cette valeur, qui s'applique également aux deux premiers genres de milieux. Si g représente l'intensité de la pesanteur, e la variation de longueur d'un cylindre liquide ou solide, d'une hauteur égale à l'unité de longueur, soumis à une pression ou à une traction égale à son poids, la vitesse V du son dans cette matière sera donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{g}{e}}.$$

Quand on substitue les valeurs numériques, données par l'expérience, aux quantités algébriques que renferme cette formule, on trouve que la vitesse du son dans l'eau est de 1421 mètres par seconde.

Il est permis d'avoir foi dans la formule de Laplace, car Colladon et Sturm, qui ont déterminé expérimentalement la vitesse du son dans l'eau sur le lac de Genève, ont trouvé 1435 mètres, nombre qui diffère très peu de celui qui est déduit du calcul. On voit que la propagation des ondes sonores s'opère avec une rapidité quatre fois et demie plus grande dans l'eau que dans l'air.

La vitesse du son est encore beaucoup plus considérable dans les corps solides. Des expériences précises et directes manquent sur ce point de l'acoustique ; mais le résultat que nous énonçons, bien que facile à vérifier par des procédés grossiers, est démontré avec rigueur dans la théorie des vibrations longitudinales des verges. Biot a trouvé, dans une expérience faite par une méthode peu rigoureuse, que le son se propage dans la fonte environ dix fois et demie plus vite que dans l'air.

En résumé, on voit que la vitesse de propagation des ondulations sonores va successivement en croissant dans les gaz, dans les liquides et les solides.

Propriétés du son. — Après avoir démontré comment les vibrations moléculaires des corps deviennent l'origine de mouvements ondulatoires qui, transmis à l'oreille, donnent lieu à une impression spéciale, il est nécessaire de faire connaître les propriétés fondamentales du son. Ces notions sont indispensables pour pouvoir comprendre diverses particularités de l'histoire physiologique du sens de l'ouïe.

Pour prévenir toute erreur, nous devons faire observer, avant d'aller plus loin, qu'il existe dans le langage une confusion regrettable relativement au mot *son*. C'est ainsi qu'on dit d'un son qu'il est agréable ou désagréable, en faisant allusion à la sensation elle-même; on comprend aussi, sous la même dénomination, les ondulations des milieux qui transmettent le mouvement oscillatoire, quand on parle de la vitesse du son dans l'air, dans l'eau, dans un solide. Il est bon de signaler ces diverses acceptions d'un même mot, tout en se conformant au langage généralement adopté.

On reconnaît au son quatre propriétés fondamentales : la *durée*, l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*. Nous allons essayer de définir chacune d'elles, et de faire comprendre leurs conditions matérielles.

La *durée* d'un son qui affecte l'organe auditif est déterminée par la durée totale du mouvement vibratoire dans le corps directement ébranlé. Évidemment il doit en être ainsi, puisque la première ondulation sonore, ainsi que la dernière, arrive à l'appareil sensorial après un temps identique.

Les observations les plus simples prouvent que l'*intensité* du son, dans le lieu même de sa génération, augmente avec l'amplitude des mouvements vibratoires qui en sont l'origine.

On constate encore que la force de l'impression produite sur l'appareil auditif décroît à mesure qu'on s'éloigne du corps vibrant. Mais ces résultats d'une expérience de tous les jours peuvent être présentés avec une grande rigueur, si l'on tient compte des conditions mécaniques qui accompagnent la sensation auditive. C'est ainsi qu'on démontre, en physique, que l'intensité d'un son est proportionnelle au carré de l'amplitude des vibrations des ondes élémentaires qui parviennent à l'organe de l'ouïe.

En traitant du mode de propagation des ondes sonores dans l'air, nous avons déjà dit que, dans un milieu homogène où les ondes se propagent sphériquement, l'intensité du mouvement ondulatoire décroît, sur une même ligne droite passant par le centre d'ébranlement, comme le carré de la distance au corps mis en vibration. On comprend que l'impression produite par les ondulations sur l'appareil auditif devra varier avec la distance d'après une loi identique. Cette loi ne saurait être vérifiée par des moyens exacts; nous manquons, en effet, des procédés organiques nécessaires à l'appréciation rigoureuse de l'intensité des perceptions auditives.

Si les ondes sonores se transmettent dans un espace cylindrique suivant la direction de son axe, la théorie indique que le son engendré par elles doit conserver indéfiniment la même intensité. On voit que, dans ce cas, les tranches d'air successivement ébranlées ont la même étendue dans toutes les portions du cylindre. Ce résultat théorique peut être vérifié expérimentalement, en produisant des sons

très faibles à l'extrémité de tuyaux d'une grande longueur; alors on constate, en effet, que l'intensité du son ne subit pas de diminution appréciable. Chacun connaît aujourd'hui les nombreuses applications qui ont été faites de cette propriété des tuyaux cylindriques; toutefois l'intensité du son ne se conserve pas intégralement dans les circonstances que nous indiquons, à cause des pertes de force vive dues à une sorte de frottement des couches gazeuses sur les parois du cylindre solide qui les limite.

Lorsqu'un corps sonore vibre avec une énergie constante, que sa distance à un observateur ne varie pas, il est plusieurs conditions physiques capables de modifier l'intensité des impressions perçues par ce dernier. Il importe de faire connaître ces conditions.

L'expérience a prouvé, depuis longtemps, que l'intensité du son croit avec la densité du gaz dans lequel a lieu sa génération. Un timbre, dont les vibrations ne cessent pas d'être identiques, résonne, sous la cloche d'une machine pneumatique, avec beaucoup moins de force quand l'air dans lequel il est plongé a subi une raréfaction notable que quand la densité de ce fluide est égale ou supérieure à celle de l'air ambiant.

Un autre fait important a été mis en évidence : c'est que, pour une même distance et un mouvement vibratoire primitif de même énergie, l'intensité du son perçu ne dépend que de la densité de la couche de fluide où se trouve le corps vibrant. Il suit de là que l'intensité du son, à la distance considérée, est la même que quand le milieu est homogène physiquement et offre la même densité que la couche où se produisent les vibrations. Si donc un observateur, placé à une grande hauteur dans un air raréfié, entend un son engendré à la surface de la terre dans des couches plus denses, l'impression qui en résulte pour lui sera la même que celle éprouvée par un observateur situé dans la couche primitivement ébranlée, et qui serait à la même distance du centre des vibrations. La réciproque sera également vraie, si le son est produit initialement dans les couches de moindre densité.

La diminution d'intensité du son dans un milieu gazeux homogène dont la densité est plus faible que la densité atmosphérique moyenne a frappé tous les observateurs qui se sont élevés à de grandes hauteurs au-dessus du niveau des mers, soit en gravissant des montagnes, soit en faisant des ascensions aérostatiques.

Des effets inverses ont été notés par les personnes qui ont été placées dans un air plus dense que l'air normal, au moyen des appareils à compression de Tabarié.

On a observé que les mêmes vibrations produisent des sons plus intenses la nuit que le jour. A quelle cause attribuer cet accroissement nocturne de l'intensité du son? Pendant longtemps, on a cru que les sons vagues et nombreux, qui se produisent pendant le jour près des lieux habités, causaient une apparente diminution d'intensité pour chacune des impressions isolées que l'on perçoit. Mais, comme l'a fait remarquer A. de Humboldt, le même phénomène a lieu également dans les vastes forêts de l'Amérique, où mille bruits, qui n'existent pas pendant le jour, surgissent de toutes parts durant la nuit. Il paraît plus rationnel de se ranger à l'opinion de ce savant, et d'admettre que le défaut d'homogénéité des couches atmosphériques, dû à l'échauffement diurne, est la cause de réflexions nombreuses pour les ondes sonores et tend à diminuer l'intensité du son suivant une direction déterminée.

Les sons qui affectent l'organe de l'ouïe sont tantôt graves et tantôt aigus; on dit alors que leur *hauteur* ou leur *tonalité* varie. Il existe une foule d'expériences,

les unes vulgaires, les autres instituées par les physiciens, qui prouvent que la hauteur d'un son dépend uniquement du nombre de vibrations exécutées dans l'unité de temps par le corps primitivement ébranlé. Plus le nombre de ces dernières est grand, plus le son est aigu ; plus il est petit, plus le son devient grave.

Mais le nombre de vibrations susceptibles de produire la sensation auditive n'est pas indéfini : il est compris entre deux limites, l'une inférieure, pour les sons graves, correspondant au plus petit nombre de vibrations capables de produire une impression continue ; l'autre supérieure, pour les sons aigus dus à un nombre de vibrations assez grand pour qu'au delà il n'y ait pas de sensation produite.

La détermination exacte de ces limites des sons a été un sujet d'études pour divers observateurs. Nous ne pouvons indiquer ici tous les procédés auxquels ils ont eu recours dans ces recherches délicates ; qu'il nous suffise de faire connaître les résultats auxquels ils sont parvenus.

Wollaston (1) pense que les limites des sons perceptibles ne peuvent guère être déterminées avec précision. Il croit que les vibrations d'un corps solide sont encore susceptibles de produire une sensation auditive, lors même qu'elles peuvent être appréciées par le tact et presque comptées à l'aide de ce moyen.

Les sons les plus graves, perceptibles par l'oreille humaine, correspondent à 30 vibrations simples, suivant Chladni (2).

Biot (3) admet, pour cette limite inférieure, 32 vibrations simples, ce qui correspond au son le plus bas de l'orgue.

Sauveur (4) donne pour limite inférieure des sons celui qui correspond à 25 vibrations simples par seconde. Savart (5), dans un des mémoires les plus importants qui aient été publiés sur ce sujet, considère comme pouvant être classés dans l'échelle musicale les sons compris entre 16 et 48 000 vibrations simples.

Ces résultats présentent, comme on le voit, peu de concordance ; mais nous pensons que le travail récent de Despretz (6) a jeté un nouveau jour sur la question.

C'est en faisant résonner des diapasons de dimensions tantôt énormes, tantôt excessivement petites, que cet observateur est parvenu à déterminer, d'une façon tout à fait rigoureuse, que les sons classifiables, c'est-à-dire qui peuvent être comparés à un terme quelconque de l'échelle musicale, sont compris entre les deux limites suivantes : 32 vibrations simples pour le son le plus bas, et 73 000 pour le son le plus élevé.

Il est probable, comme le fait observer Despretz (7), que ces limites ne sont exactes que pour les personnes douées d'un excellent organe auditif. Ce qu'on doit tenir pour certain, c'est que les nombres de vibrations qui ne produisent plus d'impressions comparables sur aucune oreille humaine se trouvent très rapprochés de ceux que nous venons de citer d'après Despretz ; nombres qui sont, comme on le voit, très différents de ceux auxquels Wollaston, Sauveur, Chladni et Savart s'étaient arrêtés d'après leurs expériences.

L'intensité et la tonalité de deux sons étant parfaitement identiques, il arrive,

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XVI, p. 208.
(2) *Acoustique*, p. 6.
(3) *Physique expérimentale*, t. I, p. 342.
(4) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1700, p. 140.
(5) *Annales de chimie et de physique*, t. XLVII.
(6) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1214.
(7) *Rec. cité.*

dans la majorité des cas, que ces deux impressions sont très dissemblables et ne peuvent, en aucune façon, être confondues par l'organe de l'ouïe. C'est ainsi que jamais des sons de même hauteur et de même intensité, tirés d'une flûte, d'un violon ou d'un hautbois, n'offriront les mêmes caractères et ne seront pris l'un pour l'autre, même par un auditeur peu expérimenté.

Cette propriété essentielle aux sons constitue ce que l'on nomme leur *timbre*. Il est difficile d'assigner avec précision les conditions matérielles auxquelles le timbre doit son origine. Il est probable qu'elles sont multiples; les physiciens eux-mêmes n'ont que des conjectures à présenter sur ce point intéressant de l'acoustique.

On constate expérimentalement que le son d'un instrument à vent de même espèce varie beaucoup dans son timbre, suivant la nature de la substance qui sert à le former ; comme ici la tonalité du son et le mouvement vibratoire sont dus à une colonne d'air qui reste identique, il est permis de supposer que le timbre est influencé par la nature des parois qui limitent la colonne d'air mise en vibration par elles.

On admet aussi que, dans la majorité des cas, les sons secondaires qui se produisent constamment en même temps que le son principal donné par un instrument quelconque, contribuent à lui donner son caractère spécial, son timbre.

En même temps que les diverses causes qui viennent d'être citées jouent leur rôle dans la production du timbre spécial des sons, il en est d'autres dont on ne peut méconnaître le degré d'importance. Ainsi, on doit admettre que le timbre sera modifié suivant la manière dont les vitesses et les densités se succéderont dans des ondes offrant les mêmes longueurs et les mêmes amplitudes. Il en sera de même si, comme cela a lieu souvent, les portions condensées et raréfiées d'une même onde sont dissymétriques entre elles.

Du reste, c'est plutôt à un ensemble de conjectures rationnelles sur la production de ce phénomène qu'à une démonstration rigoureuse qu'on est forcé de s'arrêter avec les auteurs qui se sont occupés de ce difficile problème.

MÉCANISME DE L'AUDITION.

Rôle de chacune des parties de l'appareil auditif.

Il a été démontré précédemment, que les vibrations émanées d'un corps sonore se propagent dans tous les sens, et se communiquent à tous les milieux ambiants, quels qu'ils soient ; qu'en se transmettant successivement à des corps de densités différentes, en passant des solides aux liquides, ou aux fluides aériformes, le son conserve toutes ses qualités fondamentales, la force, le ton et le timbre, qualités qui peuvent néanmoins être transmises avec plus ou moins de facilité, selon la nature des corps conducteurs; qu'enfin, dans ces mêmes circonstances, les ondes sonores restent généralement dans les rapports de combinaisons et de succession qu'elles avaient à leur point de départ.

Ces notions vont nous conduire à apprécier à sa juste valeur le mode d'action des diverses parties de l'appareil auditif. En effet, si tous les corps peuvent recevoir et conduire les ondes sonores, on comprend très bien qu'il n'y ait d'absolument essentiel, dans cet appareil, que le nerf auditif lui-même, puisque toutes les parties qui l'environnent doivent nécessairement lui amener le son. Pour l'audition

en elle-même, il n'est besoin ni d'oreille externe ni de membrane tympanique et d'osselets, ni même de limaçon, de canaux demi-circulaires et de vestibule : aussi ces parties manquent-elles chez divers animaux pourtant impressionnables aux sons.

Il n'est donc point nécessaire de chercher à prouver que ces différentes parties reçoivent les ondes sonores et les transmettent jusqu'à la pulpe nerveuse ; cette propriété, elles la possèdent comme tous les corps inertes. Ce qu'il importe de démontrer, c'est que leur disposition est, plus qu'aucune autre, favorable à cette transmission, et toujours appropriée aux conditions particulières à chaque espèce animale ; c'est que toutes ces annexes concourent à la perfection du sens de l'ouïe, soit en condensant les ondes sonores, en diminuant leur dispersion, soit en protégeant la partie essentielle de l'appareil.

Pavillon de l'oreille et conduit auditif externe. — Les ondes aériennes qui parviennent à l'oreille externe peuvent rencontrer le pavillon ou s'introduire directement dans le conduit auditif. Chez les animaux dont l'oreille a la forme d'un cornet plus ou moins évasé, il est facile de concevoir comment cette partie, recevant un grand nombre de rayons sonores, les réfléchit et les dirige vers le tympan. Chez l'homme, la cavité de la conque et l'origine du conduit auriculaire peuvent, jusqu'à un certain point, remplir le même usage. Mais tout le reste de la surface anfractueuse et irrégulière du pavillon ne paraît nullement propre à atteindre ce but. Cependant Boerhaave a fait, sur ce point, des recherches et des calculs qui tendent à prouver que les rayons sonores tombant sur toutes les éminences de l'oreille externe sont réfléchis jusqu'au conduit auditif. D'après cet observateur, les différentes lignes saillantes que forment ces éminences présentent une courbure *parabolique* dont le foyer correspond à l'intérieur même du conduit. Or, on sait que la parabole a la propriété de réfléchir tous les rayons parallèles à son axe qui tombent sur la concavité de cette courbe, de manière à les diriger vers son foyer ; il suit de là que les rayons sonores qui viennent frapper les différentes éminences de l'oreille externe doivent, par leur réflexion, se concentrer et se réunir dans le conduit auditif.

Le pavillon auriculaire, comme agent réflecteur des ondes sonores, n'a pas la même puissance chez tous les individus : cela dépend de sa conformation, qui est plus ou moins régulière, et surtout de son inclinaison par rapport à la tête. L'angle qu'il forme avec les parois latérales du crâne varie de 30° à 45° environ ; mais il peut avoir moins de 10°. Il résulte des expériences de Buchanan que la finesse de l'ouïe est presque toujours proportionnelle à l'ouverture de cet angle.

Le pavillon de l'oreille a un autre usage non moins important : c'est de servir de conducteur aux ondes sonores, qui, venant le frapper perpendiculairement à sa surface, déterminent des vibrations de sa propre substance. Ces vibrations se propagent de proche en proche, au conduit auditif, à la membrane du tympan, et jusque dans l'intérieur de l'oreille. Savart (1) a démontré ce fait à l'aide d'expériences ingénieuses, et, de plus, il a fait observer que les inégalités nombreuses du pavillon doivent avoir pour effet de présenter toujours une partie de leur surface normalement à la direction des ondes sonores, quel que soit le point de départ de ces dernières.

(1) *Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe* (*Journal de physiologie expérimentale*, 1824, t. IV).

Les expériences récentes de Schneider (1) sont pleinement confirmatives des recherches de Boerhaave et des faits signalés par Savart. Ayant fait disparaître les anfractuosités externes du pavillon de l'oreille, en les remplissant de cire molle, Schneider a constaté sur lui-même un affaiblissement notable de la sensation auditive, pour toutes les ondes sonores qui ne pénètrent pas directement dans le conduit auditif. Ce résultat est encore plus marqué, lorsque les anfractuosités de la face interne de la conque ont aussi été remplies de cire.

En résumé, le pavillon de l'oreille renforce les sons, soit en rassemblant les ondes sonores qui arrivent à sa surface, soit en transmettant ses propres vibrations aux parois du conduit auditif. Il est à présumer qu'ayant une aptitude égale à renforcer tous les sons, cette lame cartilagineuse ne vibre jamais à l'unisson d'aucun d'eux, et qu'elle est conséquemment dépourvue d'un son propre: avantage qui résulte encore très probablement des différentes irrégularités de sa surface.

Le conduit auditif externe transmet à la membrane du tympan des vibrations de trois ordres différents : les ondes aériennes qui le pénètrent directement, celles qui ont été réfléchies par le pavillon, enfin les vibrations communiquées à ses parois, soit par le cartilage auriculaire, soit par les os du crâne.

Ce conduit présente une obliquité de laquelle on ne s'est point encore rendu un compte satisfaisant. Si, d'une part, cette obliquité peut concourir à la protection de l'oreille moyenne contre l'action trop directe des agents extérieurs, elle a, d'autre part, une influence défavorable sur les ondes sonores, dont elle ne peut qu'affaiblir l'intensité, en leur faisant subir des réflexions successives. Les ondes aériennes qui pénètrent dans le conduit auditif en suivant son axe sont les moins nombreuses, mais certainement les plus fortes; peut-être concourent-elles à nous faire juger de la direction du son. Les ondes réfléchies par le pavillon peuvent tomber directement sur la membrane tympanique, ou n'y arriver qu'après avoir subi, à l'intérieur du conduit auditif, une ou plusieurs réflexions qui les écartent de plus en plus de leur direction primitive. Quant aux vibrations communiquées aux parois de ce conduit par les parties solides environnantes, elles se transmettent à l'oreille interne avec une plus grande vitesse que les ondes aériennes, et arrivent d'ailleurs par la voie la plus courte à la membrane du tympan, qu'elles font vibrer de la circonférence au centre. Ces caractères les différencient des précédentes, et leur donnent sans doute une valeur particulière dans la sensation auditive.

J. Müller (2) admet encore un certain renforcement du son par la résonnance de la petite colonne d'air que circonscrit le conduit auditif.

Membrane du tympan. — Cette membrane se rencontre chez la plupart des animaux à audition aérienne; elle est toujours oblique à l'axe du conduit auditif, et semble, chez l'homme et quelques animaux, se continuer avec sa paroi supérieure. Cette obliquité, qui augmente son étendue, paraît, selon Cuvier (3), être en rapport avec la finesse de l'ouïe.

La membrane tympanique reçoit les vibrations aériennes qui traversent directement le conduit auditif externe, et celles qui ont subi une ou plusieurs réflexions

(1) SCHNEIDER, *Die Ohrmuschel und ihre Bedeutung beim Gehör* (diss. inaug.) Marbourg, 1855.
(2) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan, t. II,
(3) *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édition, 1845, t. III, p. 528.

sur le pavillon ou contre la face interne du conduit. Elle reçoit en outre des vibrations communiquées au pavillon de l'oreille ou aux parois crâniennes, et qui lui sont transmises par continuité, de la circonférence au centre. Ces deux ordres de vibrations, en traversant la membrane, y déterminent à la fois des ondes d'inflexion et des ondes de condensation : les premières sont produites principalement par les rayons sonores qui arrivent perpendiculairement à sa surface; les secondes sont transmises à son cadre par les vibrations des parties solides environnantes.

Itard a contesté les vibrations de la membrane du tympan; comme s'il était admissible qu'un corps, contigu à un autre corps ébranlé par des vibrations élastiques, pût ne pas vibrer lui-même. Aussi le mérite des travaux de Savart réside-t-il moins dans la démonstration directe des vibrations de cette membrane, que dans la véritable appréciation de ce phénomène.

1° Les vibrations aériennes ne se transmettent aux corps solides qu'en perdant considérablement de leur intensité; mais elles se communiquent à eux sans s'amoindrir, et d'autant plus facilement, qu'on amincit davantage ces corps, et qu'on les réduit à une plus faible épaisseur. 2° Non-seulement les lames minces et les membranes tendues sont susceptibles de vibrer par influence, mais encore elles se trouvent toujours dans des conditions qui les rendent aptes à être influencées par un nombre quelconque de vibrations. 3° Enfin la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités s'accomplit très aisément et sans déperdition.

Si l'on applique à la membrane du tympan ces données, qui résultent des expériences de Savart (1), répétées et variées depuis par J. Müller, il sera aisé de reconnaître que le véritable rôle de cette membrane est de servir d'intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe, en transformant les vibrations aériennes en vibrations de solides. D'une part, elle entre en vibration sous l'influence de tous les sons possibles, en se divisant, comme le ferait tout disque mince et rigide, en lignes nodales dont le nombre et la position varient suivant la hauteur et la direction des sons primitifs; d'autre part, elle communique aussitôt au manche du marteau et à la chaîne des osselets toutes les ondulations qu'elle a reçues, avec tous leurs modes et leurs qualités fondamentales.

Déjà nous avons démontré comment le pavillon de l'oreille et le conduit auditif externe, en dirigeant toutes les ondes sonores sur la membrane tympanique, pouvaient être considérés comme de véritables appareils de renforcement; la membrane du tympan augmente encore ce renforcement des sons, en les faisant passer par la chaîne des osselets, et les concentrant sur la plaque de l'étrier.

Le marteau, dont le manche est inséré dans l'épaisseur de la membrane tympanique, et lui forme comme un rayon, reçoit l'insertion d'un petit muscle dont la contraction plus ou moins énergique peut déterminer dans cette membrane une tension plus ou moins forte. Quels peuvent être les effets de cette tension variable? Il est impossible d'admettre qu'elle soit destinée à amener la membrane tympanique à l'unisson des vibrations qu'elle doit transmettre, puisque cette membrane est susceptible de recevoir à la fois des vibrations de vitesses très différentes, et qu'en outre, si sa tension était proportionnelle à l'acuité des sons, elle devrait toujours les précéder, ce qui supposerait qu'ils sont connus à l'avance.

(1) *Rec. cit.*

Mais si, en général, le sens de l'ouïe n'est point directement lié à l'action d muscle tenseur tympanique, peut-être cette action a-t-elle pour but de favoris ou de protéger l'audition, dans certaines circonstances données? Cette manière c voir est adoptée par Bichat et la plupart des physiologistes.

Bichat (1) s'exprime ainsi : « La tension de la membrane du tympan paraît su tout avoir lieu lorsque nous prêtons l'oreille avec attention, et que nous voulo tirer le plus de parti possible des sons dirigés dans le conduit auditif, ce qui arri quand ces sons sont faibles et incapables de produire une vive sensation. Sous c rapport, cette tension est à l'oreille ce que l'agrandissement de la pupille, par l dilatation active de l'iris, est à l'œil. Le relâchement de la membrane du tympan lieu quand les sons ont une force suffisante, quand on n'a pas besoin d'en ramass un grand nombre. Il est au plus haut degré lorsqu'ils sont trop forts, qu'ils pou raient heurter péniblement l'oreille. » Richerand (2) émet la même opinion : P le relâchement ou la tension de la membrane du tympan, l'oreille affaiblit ou re force les sons, dont la violence exciterait désagréablement la sensibilité, ou qu trop faibles, ne produiraient pas sur elle une impression suffisante. Quant Savart (3), qui a le premier soumis ce point à l'expérimentation, il considère, ain que Bichat, la tension variable de la membrane tympanique comme exclusivemen relative à l'intensité ou à la faiblesse des ondes sonores; mais ayant observé que d sable étendu sur une membrane vibrante sautait d'autant plus haut que celle-c était moins tendue, il en conclut, contrairement à Bichat, que c'est la tension, e non le relâchement de la membrane tympanique, qui diminue sa faculté conduc trice, et qui protége l'organe auditif contre les impressions trop fortes qu'il pour rait recevoir dans certaines circonstances.

Muncke et Fechner ont interprété différemment l'expérience de Savart : d'aprè eux, le sautillement du sable correspond à l'amplitude des vibrations plutôt qu' leur intensité, en sorte que les sons doivent arriver avec la même force au ne auditif, quel que soit le degré de tension de la membrane tympanique. J. Müller (4) ayant fait à ce sujet quelques observations sur lui-même, a constaté que toutes le fois qu'on détermine une forte tension de la membrane tympanique, soit par raré faction, soit par condensation de l'air de la caisse, on éprouve en même temps u peu de dureté de l'ouïe; qu'en outre cette surdité passagère porte spécialement su les sons graves. Ce fait, qui avait déjà été signalé par Wollaston, peut s'explique en observant que, bien que la membrane tympanique puisse vibrer sous l'influenc de tous les tons, cette faculté est limitée, pour les tons graves, par le son fonda mental que pourrait rendre la membrane elle-même : or, à mesure qu'elle es plus tendue, ce son fondamental s'élève, et elle ne peut plus vibrer ou résonne que sous l'influence de tons de plus en plus aigus. En définitive, J. Müller considère la tension de la membrane tympanique par le muscle interne du martea comme un mouvement protecteur pour l'organe de l'ouïe, qu'il peut soustraire la perception de certains sons. Cette conclusion est conforme à celle de Savart.

L'action du muscle interne du marteau paraît s'exercer en vertu d'un mouve ment réflexe, analogue ou du moins comparable à la contraction de l'iris, lor d'une impression très vive de lumière. Néanmoins plusieurs physiologistes admet

(1) *Anatomie descriptive*, t. I.
(2) *Nouveaux éléments de physiologie*, 10e édit., t. II, p. 260.
(3) *Rec. cit.*, p. 219.
(4) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan, t. II, p. 422.

tent que ce muscle est soumis à l'influence de la volonté ; et, en effet, quelques personnes prétendent pouvoir agir volontairement sur lui, au point de le faire contracter d'un seul côté.

Après les auteurs si recommandables qui se sont occupés de la question délicate de la tension de la membrane tympanique, qu'il nous soit permis de présenter quelques observations sur le même sujet. Nous croyons qu'on s'est, en général, trop peu préoccupé des conditions ordinaires de l'audition, quand on a avancé que le muscle interne du marteau sert à préserver l'organe auditif d'impressions trop intenses. En effet, est-ce que nous pouvons jamais nous soustraire à ces impressions? Pourquoi J. Müller, par exemple, qui dit pouvoir contracter volontairement le muscle dont il s'agit, a-t-il besoin de tendre artificiellement sa membrane tympanique en condensant ou raréfiant l'air de la caisse, pour se soustraire au bruit du canon ou à tout autre son grave et violent? Il n'aurait eu qu'à contracter son muscle protecteur et modérateur de l'ouïe. D'ailleurs ce n'est pas toujours l'intensité des sons qui est pénible à notre oreille, c'est souvent leur extrême acuité : tel est, par exemple, le bruit du liége que l'on coupe, du frôlement de la soie, etc. A quoi sert alors le muscle du marteau, qui ne peut qu'accroître l'aptitude de la membrane du tympan à transmettre les sons aigus?

Si l'on réfléchit que des trois prétendus muscles du marteau l'interne est réellement le seul qui soit constant chez l'homme, le seul qu'on rencontre chez les animaux, il en résulte que, dans son action sur la membrane du tympan, il agit sans antagoniste. Mais, suivant nous, il existe un véritable antagonisme à ce muscle dans la membrane elle-même : n'est-il pas probable, en effet, que sous l'influence de variations hygrométriques ou autres, cette membrane est susceptible de se détendre ou de se resserrer un peu? Or on sait, d'après les expériences mêmes de Savart, que les membranes ne sont susceptibles de vibrer par influence qu'à la condition d'être tendues. Le muscle du marteau agira, dans ce cas, de manière à maintenir la membrane du tympan toujours dans un état de tension suffisante pour qu'elle puisse vibrer.

Notre opinion est donc, pour ainsi dire, le contre-pied de celle de Savart et de J. Müller, généralement admise, c'est-à-dire que l'action du muscle précédent serait, non de changer la tension de la membrane tympanique, mais d'obvier aux variations de tension qu'elle peut présenter, d'empêcher surtout qu'elle ne se détende complétement.

Osselets du tympan. — Nous avons vu comment la membrane tympanique réunit en ondes d'inflexion ou de condensation toutes les vibrations qu'elle a reçues directement de l'air, du pavillon de l'oreille et des parties solides du crâne. La chaîne des osselets reçoit toutes ces vibrations, les condense de plus en plus, et les transmet à son tour au liquide labyrinthique par l'intermédiaire de la membrane de la fenêtre ovale. Par ce moyen, les ondes sonores primitivement aériennes, déjà transformées en vibrations de solides, changent encore de milieu sans perdre de leur intensité, et se communiquent définitivement au liquide labyrinthique.

On peut se demander d'abord de quelle utilité est cet intermédiaire osseux entre la membrane tympanique et celles qui ferment les fenêtres de l'oreille interne. L'air de la caisse n'aurait-il pas transmis très bien ces vibrations d'une paroi à l'autre? Il est certain que ce mode de propagation a lieu pour la fenêtre ronde; mais il faut dire aussi qu'il est accompagné d'une dispersion et d'un affaiblisse-

ment considérables des sons. Au contraire, comme les corps solides contigus se transmettent le son bien plus facilement qu'ils ne l'abandonnent à l'air ambiant, les vibrations de la membrane tympanique, une fois communiquées au manche du marteau, traversent toute la chaîne des osselets, et arrivent à la plaque de l'étrier avec d'autant moins de déperdition que cette chaîne est comme suspendue dans la caisse, et n'est en contiguïté avec d'autres parties solides que par ses extrémités.

Mais pourquoi cette communication, au lieu d'être directe, est-elle brisée et sinueuse? L'*âme* du violon est une simple tige droite placée perpendiculairement à ses deux tables. On concevrait très bien que la plaque de l'étrier, qui est à peu près parallèle à la membrane tympanique, fût réunie au manche du marteau par une tige perpendiculaire à cette plaque. Savart (1) a démontré d'abord que, quelles que soient les courbures et les sinuosités relatives de parties solides annexées les unes aux autres, la transmission des vibrations s'y fait suivant leur direction primitive. Le manche du marteau, recevant les ondes de la membrane du tympan dans une direction qui lui est presque perpendiculaire, les transmet à l'enclume, dont elles parcourent la longue apophyse transversalement; les deux branches de l'étrier sont au contraire ébranlées longitudinalement; enfin la plaque de cet osselet et la membrane de la fenêtre ovale éprouvent des vibrations transversales.

La brisure et les articulations de la chaîne des osselets ne nuisent donc point à la transmission des ondes sonores; reste à savoir comment elles peuvent favoriser l'audition. La plupart des auteurs se taisent sur le but de cette disposition. Savart dit seulement à ce sujet : « Les diverses articulations qui existent entre les osselets ont sans doute pour usage d'empêcher que des mouvements trop brusques ne nuisent à l'organisation de parties si délicates. »

Voici quelle serait notre interprétation. La membrane tympanique étant susceptible de se rapprocher plus ou moins de la paroi interne de la caisse par l'action de son muscle tenseur, sans les articulations de la chaîne, ces déplacements se seraient communiqués tels quels à la membrane de la fenêtre ovale, qui n'aurait pu y résister que par une extrême laxité, tandis qu'il en résulte seulement une variation insignifiante dans l'ouverture des angles que les osselets forment entre eux. La transmission des ondes sonores jusqu'au vestibule se trouve donc assurée, quels que soient la position de la membrane du tympan et son degré de concavité. Nous voyons également, dans l'existence du muscle de l'étrier, l'intention de limiter l'action du muscle du marteau à la seule membrane du tympan. Effectivement ce dernier muscle, en se contractant, tend non-seulement à attirer cette membrane en dedans, mais aussi à agir sur le reste de la chaîne des osselets, de manière à entraîner l'étrier un peu en avant. C'est alors qu'il rencontre l'antagonisme du muscle de l'étrier, qui nous paraît destiné moins à enfoncer la plaque de cet osselet dans la fenêtre ovale qu'à l'empêcher d'être entraînée en sens inverse par le muscle tenseur tympanique.

Trompe d'Eustache. — L'existence constante de la trompe d'Eustache chez tous les animaux qui sont pourvus d'une cavité tympanique fait entrevoir que ce conduit a une part importante dans les fonctions de l'oreille moyenne. Il est démontré, en effet, par un grand nombre de faits pathologiques, que lorsque la caisse du tympan est complétement close, elle transmet les sons imparfaitement, et qu'il

(1) *Ouvr. cit.*, p. 214.

survient dans l'audition des troubles qui peuvent se transformer en une surdité complète, si l'oblitération de la trompe persiste.

On a émis sur les usages de la trompe d'Eustache un grand nombre d'opinions, dont plusieurs sont plus ou moins hypothétiques ou opposées aux lois physiques. Esser (1) affirme que si la trompe gutturale était fermée hermétiquement, l'air de la caisse, qui doit entrer en vibration, ne trouvant pas d'issue, ne pourrait se dilater, et serait par conséquent immobile, ainsi que la membrane du tympan. Saunders émet une opinion semblable. Or il est inexact de croire qu'une masse d'air renfermé soit inapte à recevoir et à transmettre des vibrations : ne sait-on pas qu'un timbre placé sous le récipient de la machine pneumatique peut être entendu très distinctement, bien qu'on n'ait laissé à l'air renfermé dans la cloche aucune communication avec l'air extérieur?

Esser pense aussi que la trompe est dans un état d'ouverture permanente, que des bourdonnements d'oreille et la surdité surviennent dès qu'elle se ferme. Cette assertion est empreinte d'exagération et infirmée par les faits. Les parois, moitié cartilagineuses, moitié membraneuses de ce conduit, sont appliquées l'une contre l'autre ; il n'est donc point béant, mais seulement perméable, et cette disposition suffit ordinairement aux fonctions qu'il doit remplir. On a, dans plusieurs circonstances, la preuve que la communication entre l'air extérieur et la caisse du tympan par l'introduction de la trompe, n'est pas aussi immédiate et aussi libre que le pensait Esser. Lorsqu'on se place sous la cloche à plongeur (2), ou lorsqu'on gravit une montagne élevée, on éprouve dans l'oreille une tension qui persiste assez longtemps, et qui indique que l'équilibre est loin de se rétablir instantanément.

Bressa (3) a émis l'opinion que la trompe d'Eustache sert à entendre sa propre voix. S'il en était ainsi, ce canal devrait exister chez tous les animaux pourvus de la voix, et manquer chez ceux qui ne profèrent aucun cri. Or ce rapport n'a pas lieu. Il y a parmi les batraciens plusieurs genres, tels que les *bombinateurs*, qui, sans être privés de la voix, sont néanmoins dépourvus de trompe d'Eustache et de caisse du tympan. D'ailleurs Autenrieth (4) et Lincke (5) rapportent des faits desquels il résulte que chez l'homme l'oblitération maladive de la trompe rend l'ouïe dure sans nuire à l'audition de sa propre voix. On peut aisément se rendre compte de la propagation des vibrations de la glotte jusqu'au nerf auditif, sans l'intervention de la trompe d'Eustache. Ces vibrations se propagent directement des cordes vocales aux parties solides du cou, de la tête et de l'oreille interne. Transmises à l'air du pharynx et des fosses nasales, elles se communiquent aux parois de ces cavités, et parviennent encore à l'organe auditif par la base du crâne. Enfin les ondes sonores, en se répandant dans l'atmosphère, s'y propagent dans tous les sens, et vont rencontrer le pavillon de l'oreille, qui les réfléchit, comme tous les sons extérieurs, les concentre et les dirige vers la membrane du tympan.

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, la liaison qui existe constamment entre la trompe d'Eustache et la caisse du tympan doit conduire à chercher à ce con-

(1) *Mémoire sur les fonctions de diverses parties de l'organe auditif*, trad. par Breschet, dans *Annales des sciences naturelles*, 1832, t. XXVI, p. 30.

(2) COLLADON, *Relation d'une descente en mer, dans la cloche dite des plongeurs*. Paris, 1826.

(3) REIL'S *Archiv*, t. VIII, cah. 1.

(4) REIL'S *Archiv*, t. IV, p. 321.

(5) *Handbuch der Ohrenheilkunde*, t. I, p. 502.

duit des usages relatifs à l'oreille moyenne plutôt qu'à l'audition directement. La trompe paraît, en effet, avoir pour but essentiel d'assurer les fonctions de la membrane tympanique. On sait que, par l'action du muscle du marteau, cette membrane est susceptible de varier son degré de tension, proportionnellement à l'intensité ou à la tonalité des sons qui viennent la frapper. Il était donc nécessaire, pour assurer l'intégrité de cette fonction, de soustraire la membrane tympanique à toute autre influence capable de modifier sa tension. Or cette membrane supporte la pression atmosphérique par sa face externe, et la trompe d'Eustache, en amenant l'air extérieur contre sa face interne, équilibre cette pression, en annule les effets par une pression égale et contraire.

Tel est le véritable rôle de ce conduit; il n'a besoin, pour le remplir, que d'être constamment perméable. Quelle que soit l'étroitesse de son ouverture, elle est toujours suffisante, car elle est comparable au pertuis qui fait communiquer la cuvette du baromètre avec l'air atmosphérique.

Accessoirement la trompe d'Eustache sert à évacuer les liquides sécrétés par la muqueuse de la caisse, et à les conduire dans les fosses nasales; c'est peut-être pour favoriser cet usage qu'elle a son origine près de la paroi inférieure de la cavité tympanique et qu'elle est dirigée obliquement en bas.

Oreille interne. — La transmission des ondes sonores aux cavités de l'oreille interne a lieu par deux voies différentes, la fenêtre ovale et la fenêtre ronde, toutes deux fermées par une membrane qui, en même temps qu'elle circonscrit le liquide du labyrinthe, facilite le passage des vibrations d'un milieu dans un autre.

La fenêtre ovale reçoit les ondulations de la membrane du tympan par la chaîne des osselets; l'air de la caisse est au contraire seul chargé de conduire des ondes sonores de la membrane tympanique à celle de la fenêtre ronde. On peut se demander laquelle de ces deux transmissions est la plus intense. L'anatomie comparée répond déjà en partie à cette question, car elle prouve que, lorsqu'une seule des deux fenêtres persiste, c'est la fenêtre ovale, et avec elle la chaîne des osselets, plus ou moins complète. Cependant les physiologistes sont divisés à cet égard : les uns nient complétement la transmission par l'air de la caisse, à cause de la surdité absolue qui suit ordinairement la perte des osselets; les autres contestent l'action conductrice de ces petits os. Muncke (1) et J. Müller ont ramené cette question sur son véritable terrain en faisant voir qu'il n'y avait point lieu d'exclure l'un de ces deux modes de transmission, et qu'il s'agissait seulement d'établir entre eux une différence en plus ou en moins.

J. Müller a de plus démontré, par une série d'expériences, que les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'intensité sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé la chaîne des osselets et la fenêtre ovale qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde. Ce physiologiste va même jusqu'à croire que les ondes transmises à l'une et à l'autre fenêtre diffèrent non-seulement eu égard à leur intensité, mais encore sous le rapport de leur timbre. Les ondes reçues par la fenêtre ovale se répandent dans le vestibule et les canaux demi-circulaires; celles qui sont transmises à la fenêtre ronde se propagent dans le limaçon; mais comme ces différentes cavités communiquent les unes avec les autres, il arrive que toutes ces vibrations finissent par se rencontrer,

(1) *Archiv für die gesammte Naturlere.* Kastner, t. VII.

qu'elles s'entrecroisent de manière à produire en plusieurs points des condensations desquelles résulte un véritable renforcement de la sensation auditive.

Le *vestibule* et les *canaux demi-circulaires* sont, de toutes les parties dont se compose l'appareil auditif chez les vertébrés, les plus générales et les plus constantes. La cavité vestibulaire est divisée en plusieurs sacs membraneux qui renferment, dans leur intérieur, des concrétions tantôt amylacées, tantôt pierreuses, dont l'existence est également constante, non-seulement chez les poissons et les reptiles, mais même chez les mammifères, ainsi que l'ont établi les belles recherches de Breschet (1).

Dugès (2) considère le vestibule comme propre à recueillir le *bruit* en général, à en mesurer l'intensité, et par conséquent à faire juger de la distance. Quant aux canaux demi-circulaires, la constance de leur nombre et de leur direction respective, qui paraît correspondre aux trois dimensions des corps, longueur, largeur et hauteur, ont conduit Autenrieth et Kœrner à admettre l'opinion que leur usage est de donner la notion de la direction des ondes sonores, et conséquemment de la situation du corps d'où elles sont parties. Dugès se range entièrement à cette manière de voir. J. Müller la rejette, et n'accorde aux canaux demi-circulaires d'autre action que d'accroître un peu l'intensité et la résonnance des sons.

Breschet (3) croyait que les otolithes et les otoconies arrêtent les vibrations sonores, et atténuent la sensation auditive. Cagniard-Latour et J. Müller les regardent plutôt comme propres à rendre ces vibrations plus efficaces dans leur action sur les ramifications nerveuses.

Limaçon. — On sait que la cavité spirale du limaçon est partagée en deux rampes qui communiquent ensemble au sommet de l'hélice par une absence de la cloison, et qui aboutissent l'une à la membrane de la fenêtre ronde ou tympan secondaire de Scarpa (4), l'autre au vestibule. Un même liquide remplit toutes ces cavités. Il en résulte que non-seulement les vibrations du tympan secondaire peuvent être propagées au vestibule, aux canaux demi-circulaires, et se confondre avec celles que ces parties reçoivent par la chaîne des osselets et par la fenêtre ovale, mais encore qu'il doit y avoir réciprocité pour ces vibrations ; en sorte qu'un même son est simultanément perçu dans toute l'étendue du labyrinthe.

De Blainville pense que le limaçon a pour principale fonction d'apprécier les sons très aigus, d'après cette observation que les chauves-souris ont cet organe très développé, et qu'elles vivent d'insectes dont le bruit les guide, pendant la nuit, à leur poursuite.

Selon Dugès (5), le limaçon serait le principal appréciateur des *tons*, et surtout l'organe propre à recevoir les sons formés dans l'air, ayant un timbre aérien et des modifications que l'air seul comporte bien : en un mot, les *voix* et les *articulations*. Breschet (6) a insisté également sur la liaison entre l'existence de l'appareil de la voix et celle du limaçon. Quelques physiologistes ont même cru que la lame

(1) *Étude anatomique et physiol. de l'organe de l'ouïe et de l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés* (*Annales des sciences naturelles*, t. XXIX).

(2) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*, t. I, p. 188.

(3) *Rec. cit.*

(4) *De structura fenestræ rotundæ auris, et de tympano secundario* (*Anat. observ.*, Modène, 1772, in-4°).

(5) *Ouvr. cité*, p. 197.

(6) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe et sur l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés, etc.* Paris, 1833, in-4°.

spirale, qui va en se rétrécissant graduellement, était susceptible de se diviser en parties variables, de manière à vibrer à l'unisson de tous les sons possibles; mais l'anatomie comparée et l'anatomie pathologique renversent cette hypothèse, et démontrent que, chez les animaux les plus doués de la faculté musicale, le limaçon est loin d'offrir un développement proportionnel; que, chez l'homme, l'absence ou la destruction du limaçon n'empêche pas de juger très nettement les tons.

Nous adoptons volontiers l'opinion de J. Müller, qui suppose que la destination finale du limaçon est d'étaler les fibres nerveuses sur une lame solide qui, par sa continuité avec les parois solides du labyrinthe et de la tête, et par son contact avec le liquide labyrinthique, soit capable de transmettre à ces fibres nerveuses les vibrations communiquées soit aux solides, soit aux liquides de l'appareil auditif. Il est évident, en outre, que les tours de spire que forme le limaçon ont l'avantage de réaliser, sous le plus petit espace possible, la surface considérable qui était nécessaire pour l'expansion des fibres nerveuses.

De la sensation auditive.

En exposant le rôle des diverses parties qui composent l'organe auditif, nous avons reconnu l'embarras des auteurs pour déterminer s'il en est, parmi elles, qui servent spécialement à l'appréciation de l'intensité, de la distance ou de la direction du son. Il nous semble néanmoins que plusieurs de ces questions peuvent être ramenées à des termes assez simples, et recevoir une interprétation satisfaisante sans le secours d'hypothèses plus ou moins inadmissibles. Relativement à l'appréciation de la direction du son, par exemple, appréciation qui est due, suivant les uns, au mode d'impression du pavillon de l'oreille ou à certaines modifications de la membrane du tympan, et, suivant d'autres, à la position relative des canaux demi-circulaires, elle résulte souvent d'une réaction intellectuelle, et non d'une aptitude spéciale de l'organe de l'ouïe.

Du moment que cet organe présente une sensibilité et un développement suffisants pour discerner facilement l'intensité relative de deux sons consécutifs, il n'en faut pas davantage pour acquérir la notion, soit de la distance, soit de la direction des corps d'où émanent les ondes sonores. En effet, si le son que nous entendons nous est déjà connu, comme celui d'un instrument, de la voix humaine, etc., nous jugerons de son éloignement par la faiblesse de l'impression qu'il produit sur le nerf auditif; s'il s'agit d'un son dont l'intensité soit inconnue à une distance donnée, comme le bruit du tonnerre, etc., nous jugeons qu'il est rapproché s'il est très fort, éloigné s'il est faible.

Quant à la direction des ondes sonores, on pourrait dire encore que c'est souvent la sensation auditive raisonnée qui en donne la connaissance. Ainsi, nous entendons distinctement un son émanant d'un point donné, quelle que soit la position de notre tête; mais l'organe auditif étant apte à juger de différences légères dans l'intensité des vibrations, nous remarquons que, dans certaines positions de la tête, le son paraît plus fort. Nous sommes donc amenés à placer notre tête dans une position déterminée, par rapport au corps sonore. L'expérience nous apprend journellement, quand nous voyons le lieu d'où part le son, quelle est la direction, relative à notre oreille, où il est le mieux perçu. Il ne reste plus qu'à appliquer ces données dans les cas où le corps vibrant est inaccessible à la vue.

Il résulte de ce qui précède que les prétendues illusions du sens de l'ouïe que

l'on produit par la ventriloquie, ou par certaines réflexions des sons, ne sont en réalité que des erreurs de notre jugement.

Ce sens, s'il est intact, ne nous trompe guère, et il y a bien plutôt lieu d'admirer sa subtilité et sa perfection que de redouter ses écarts.

La finesse de l'ouïe se manifeste de plusieurs manières : elle nous permet, tantôt de percevoir des ébranlements extrêmement faibles, ou des bruits que leur éloignement rend presque imperceptibles ; tantôt de distinguer isolément un son, parmi d'autres sons beaucoup plus forts, comme celui d'un seul instrument au milieu d'un nombreux orchestre.

L'ouïe n'est pas égale chez les différents individus : les uns n'ont d'aptitude à percevoir que des sons d'une certaine acuité ; d'autres ne jugent pas exactement leurs rapports musicaux, et ne peuvent en sentir l'harmonie ou la dissonance. Enfin, les deux oreilles peuvent, chez le même individu, être impressionnées différemment pas un même son, phénomène fort rare, et dont on ne cite que quelques exemples.

La durée normale de la sensation auditive, bien que très courte, peut être appréciée très approximativement : elle correspond à la limite inférieure des sons perceptibles. En effet, dès que des chocs se succèdent avec assez de rapidité pour n'être plus perçus isolément, mais pour produire la sensation continue qu'on nomme son, c'est que l'impression produite par chacun de ces chocs dure plus que l'intervalle de temps qui les sépare. Or, Savart a démontré, à l'aide d'un appareil composé d'une forte barre de fer qu'on fait tourner dans la rainure d'une table, que, lorsque chacun des chocs élémentaires a une intensité un peu forte, la sensation devient continue à partir de dix ou douze vibrations par seconde. On peut en déduire que la durée de la sensation auditive est de plus d'un dixième de seconde. Rappelons d'ailleurs que cette expérience correspond à celle du charbon incandescent, pour l'organe visuel.

SENS DE L'ODORAT.

L'odorat est le sens qui nous donne la notion des *odeurs*.

I. Deux théories principales ont été émises touchant l'origine et la nature des odeurs. Dans l'une, on admet qu'elles sont le produit de la volatilisation de particules matérielles, extrêmement ténues, qui se séparent des corps odorants ; dans l'autre, on suppose qu'elles résultent d'un mouvement vibratoire qui a lieu dans les molécules de ces derniers, et se transmet à un éther ambiant.

Les partisans peu nombreux de cette dernière théorie rappellent que certaines substances, le musc et l'ambre gris entre autres, auraient excité pendant longues années des impressions olfactives, souvent dans une sphère très étendue, sans subir aucune diminution de poids appréciable. Mais ne se pourrait-il pas que de pareilles observations, en les supposant rigoureusement exactes, fussent propres à prouver seulement la prodigieuse divisibilité des corps odorants, et l'imperfection de nos moyens pondérateurs ? D'ailleurs ne sait-on pas que cette prétendue inaltérabilité

de poids est loin d'exister pour bien d'autres substances odorifères, et que les nerfs sont des instruments bien autrement sensibles que nos balances? Ajoutons que l'hypothèse d'un mouvement vibratoire ne s'accorde guère ni avec le transport des odeurs à des distances souvent énormes (1), ni surtout avec certaines conditions de la sensation olfactive, la nécessité d'un courant d'air, par exemple, pour mettre l'appareil de l'olfaction en rapport avec son excitant naturel.

Divers phénomènes ont été cités comme tendant à établir que les odeurs sont dues à des particules dégagées de la substance même des corps odorants. Si, à l'exemple de Berthollet, on place un morceau de camphre dans un tube barométrique rempli de mercure, on voit bientôt le métal descendre, le camphre diminuer de volume à mesure que se volatilisent ses molécules intégrantes, et être enfin remplacé par un gaz odorant. Bénédict Prévost, de Genève (2), ayant déposé une substance odorante concrète sur une lame de verre mouillée ou sur une large soucoupe recouverte d'une mince couche d'eau, a vu celle-ci s'écarter aussitôt, de manière à laisser autour du corps un espace libre de plusieurs pouces d'étendue. Romieu (3) avait déjà observé les mouvements gyratoires du camphre sur l'eau; Volta avait constaté des effets analogues en projetant, sur ce liquide, les petits corps imbibés d'éther, ou des parcelles d'acides benzoïque ou succinique, et Brugnatelli avait fait la même remarque en se servant de l'écorce de plantes aromatiques. L'expérience réussit également avec des fragments de différentes feuilles, du *Schinus molle*, par exemple ; les jets d'huile volatile contenue dans ces fragments leur impriment aussitôt des mouvements dus à la résistance opposée au choc par l'eau. C'est à l'aide de semblables observations, et aussi en supposant que l'agitation des corps odorants, à la surface de l'eau, croît en raison directe de leur volatilité et de l'intensité de leur odeur, que B. Prévost a fondé autrefois son *odoroscopie*. En faisant la part des exagérations de l'idée ingénieuse de Prévost, toujours est-il que les précédents effets doivent être rapportés principalement, sinon uniquement, à la volatilisation, principe absolu de toute émanation odorante.

Rappelons que Boerhaave, pour expliquer l'odeur dans les végétaux, imagina un principe particulier, impondérable, et par conséquent distinct de la substance même du corps odorant, principe qu'il nomma *esprit recteur*, et que d'autres désignèrent sous le nom d'*arome*. Cette hypothèse, toute gratuite qu'elle était, n'en fut pas moins adoptée par beaucoup de chimistes, jusqu'à l'époque où Fourcroy (4), en démontrant que c'est à la plus ou moins grande volatilité des matériaux immédiats des végétaux que sont dues leurs émanations odorantes, vint ramener les esprits à la théorie généralement admise par les physiologistes de notre époque.

(1) Il peut être permis de refuser sa croyance aux historiens qui racontent que des vautours furent attirés d'Asie, dans les champs de Pharsale (166 lieues), par l'odeur des cadavres qui s'y trouvaient entassés après la bataille du même nom. Mais on ne saurait révoquer en doute plusieurs récits de voyageurs dignes de foi. Alex. de Humboldt (*Rec. de zool. et d'anat. comp.*, 2e liv., p. 73, Paris, 1807) rapporte qu'au Pérou, à Quito et dans la province de Popayan, quand on veut prendre des condors, on tue une vache ou un cheval, et qu'en peu de temps l'odeur de l'animal mort attire ces oiseaux en grand nombre, bien qu'auparavant on n'en vît point dans le pays. Valentia (*Voy. dans l'Indoustan*, trad. angl., t. I, p. 349) assure qu'à neuf heures de distance des côtes de Ceylan, le vent apporte déjà un parfum délicieux. L'auteur de la relation du premier voyage des Hollandais aux Indes orientales en dit autant de l'île de Pugniatan (*Rec. des voy. qui ont servi à l'établissem. de la comp. des Indes orient.*, t. I, p. 280, et t. II, p. 256 et 451, Amsterdam, 1702); etc.

(2) *Annales de chimie*, t. XXI, p. 254. Paris, 1797.

(3) *Mém. de l'Acad. des sc.*, p. 449. Paris, 1756.

(4) *Mém. sur l'esprit recteur de Boerhaave, l'arome des chimistes français, etc.* (*Ann. de chim.*, t. XXVI, p. 232).

Quelle que soit, du reste, l'opinion que l'on adopte relativement à la nature des odeurs, qu'on les considère comme un fluide immatériel, comme une propriété du corps odorant, ou bien qu'on les regarde comme une émanation ou des particules détachées de la propre substance de ce dernier, on peut toujours aborder d'autres questions relatives à leur étude.

II. Diverses influences peuvent modifier singulièrement, soit la production des odeurs, soit leur transmission dans l'espace :

1° Si, dans quelques circonstances, le *calorique* enlève à certains corps leur odeur spéciale, le plus ordinairement l'action de ce fluide, en favorisant la volatilisation, aide à la diffusion des effluves odorants dans l'air : sous les tropiques, mille plantes laissent échapper leurs parfums aux premiers rayons du soleil ou au souffle des brises du soir, et l'on sait à quelles énormes distances se communique l'atmosphère embaumée de Ceylan, des Philippines ou des Moluques ; au contraire, on remarque que les odeurs végétales et animales sont d'autant plus faibles qu'elles émanent d'animaux et de plantes vivant dans des contrées plus froides (1).

2° La *lumière* paraît exercer une certaine influence sur le dégagement des odeurs végétales ; toutefois il existe plusieurs plantes qui ne développent leur parfum que pendant l'obscurité de la nuit : telles sont diverses espèces de *Geranium* et d'*Epidendrum*, la plupart des plantes de la famille des nyctaginées, et en particulier le *Mirabilis longiflora*. J. Senebier a reconnu que des jonquilles, qu'il avait fait venir dans un lieu obscur, n'en étaient pas moins odoriférantes. Stark (d'Édimbourg), a tenté quelques expériences dans le but de déterminer les différences que présentent les substances diversement colorées, relativement à l'absorption des odeurs avec lesquelles elles sont mises en contact, et il est arrivé à établir que l'intensité d'absorption est décroissante, suivant les couleurs, dans l'ordre suivant : après le noir, le bleu est la couleur qui absorbe le plus ; viennent ensuite le vert, puis le rouge, le jaune, et enfin le blanc qui n'absorbe presque rien. Ayant reproduit ces expériences, A. Duméril (2) assure avoir constaté que les substances blanches s'imprègnent d'abord des odeurs tout aussi bien que les autres substances diversement colorées, mais qu'elles laissent plus promptement évaporer les molécules odoriférantes dont elles s'étaient imprégnées. « Il semblerait donc, dit cet observateur, que les corps se comportent, suivant leur coloration, à l'égard des particules volatilisées des substances odorantes, comme ils le font à l'égard des ondes lumineuses. De même que ce sont les corps blancs, en effet, qui réfléchissent avec le plus d'intensité les rayons lumineux, et au contraire les substances noires qui possèdent le moins cette puissance de réflexion, de même aussi les premiers semblent réfléchir très promptement les émanations volatiles, tandis que les secondes, quoique ne s'en emparant pas avec plus d'énergie, les conservent plus longtemps. » Cependant il m'est arrivé de conserver, pendant plusieurs mois, des feuilles de papier *blanc* primitivement parfumées avec du musc, et qui, au bout de ce temps, n'avaient encore rien perdu de leur odeur. Il est présumable qu'ils étaient *blancs* aussi les papiers dont parle Haller (3), qu'un seul grain d'ambre gris avait parfumés, et qui étaient restés très odorants après quarante années.

(1) Cela tient peut-être aussi à ce qu'en réalité ces animaux et ces plantes sécrètent ou contiennent moins de matières volatiles dans leurs tissus.

(2) *Des odeurs, de leur nature et de leur action physiologique*, thèse pour le doctorat ès sc. nat., Paris, 1843, p. 27 et 28.

(3) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 157.

3° On suppose que l'*électricité* peut favoriser le développement des émanations odorantes, qu'elle peut aussi le suspendre (1), et que nul ne saurait assigner, sous ce double rapport, des limites à la puissance de cet agent merveilleux de tant de décompositions et de recompositions : mais peut-être l'électricité ne favorise-t-elle le dégagement des odeurs que dans les cas où, en décomposant des combinaisons chimiques, elle en isole des principes définis capables d'impressionner l'organe olfactif.

4° L'état hygrométrique de l'atmosphère influe sur l'intensité de nos sensations olfactives. Chacun a pu observer que, dans un jardin couvert de fleurs, en aucun moment du jour l'air n'est plus embaumé que le matin, quand la rosée s'évapore sous les premiers rayons du soleil : c'est qu'alors, sans doute, les couches d'air qui nous entourent contiennent une certaine quantité de vapeur à l'état vésiculaire, vapeur qui, en se déplaçant peu, se charge en plus notable proportion des principes volatils des plantes. Au contraire, une humidité trop abondante noie, pour ainsi dire, le parfum des fleurs : aussi celles que l'on cueille pendant la pluie sont-elles peu odorantes. Il est certaines plantes qui n'acquièrent de l'odeur que par la dessiccation.

L'air atmosphérique étant pour nous le véhicule ordinaire des corpuscules odorants, ceux-ci doivent en recevoir toutes les impulsions. S'il est tranquille, l'odeur est d'autant plus prononcée, que la substance d'où elle s'exhale est plus rapprochée ; s'il est agité, la transmission de l'odeur suit le courant atmosphérique, et l'on a vu qu'elle peut se faire alors à des distances considérables.

5° Le choc, le frottement, le froissement, quel que soit le véritable mode de leur action, qu'ils dégagent du calorique, de l'électricité, ou qu'ils se bornent à détacher des corps de fines molécules, ce qui semble peu probable, sont fréquemment un moyen de faire naître des odeurs dans des substances qui, en dehors de ces circonstances, n'ont qu'une action médiocre ou même nulle sur la membrane olfactive (2). D'après Aldrovandi (3), si l'on frappe avec un marteau certaines pierres de Mariembourg, il en sort une odeur de musc. Le frottement développe une odeur fétide dans divers marbres, une espèce de quartz, etc. ; il rend odorants le soufre, les résines, le silex et beaucoup de métaux. L'action de la scie sur les os en fait exhaler une odeur spermatique. Quand on travaille sur le tour le bois de hêtre, on sent le parfum de la rose. Certaines feuilles de végétaux, du *Myrtus communis*, du *Geranium*, etc., deviennent plus odorantes par le froissement ; tandis qu'au contraire il suffit de froisser entre les doigts une fleur de violette ou de réséda pour lui enlever son odeur.

6° Sous l'action de l'eau, certaines substances, inodores ou a peu près inodores par elles-mêmes, contractent des propriétés odorantes : tels sont les sulfures alcalins, l'argile impure et la calcédoine pulvérisée, la moutarde noire, les amandes amères, etc. Mais ces phénomènes s'expliquent toujours plus ou moins bien par

(1) Libri (*Ann. de chim. et de phys.*, 1827, t. XXXVII, p. 100) dit avoir constaté que le camphre, traversé par un courant électrique continu, devient de moins en moins odorant, puis cesse de l'être, et le redevient peu à peu par le repos.

(2) Il est permis de supposer que la faculté d'être odorant est aussi commune dans les corps de la nature que celle de pouvoir devenir gazeux. Nous ne saurions donc rien affirmer à l'égard de ceux que nous qualifions d'inodores, sinon que nos organes ne sont pas assez délicats pour en saisir les émanations. Combien de ces émanations échappent à l'imperfection de notre odorat, qui, au contraire, impressionnent vivement d'autres animaux !

(3) *Museum metallicum in lib. quatuor distrib.* Bologne, 1648.

une réaction chimique amenant le dégagement d'un principe odorant qui d'abord n'existait pas dans la substance.

III. Sans compter toutes les odeurs qui nous échappent et pourtant agissent sur d'autres animaux, le nombre de celles qui nous impressionnent est déjà si considérable, qu'on a dû songer à les classer, à les réunir par groupes formés d'après certains caractères communs propres à les différencier ; toutes les tentatives qu'on a faites à cet égard ont été également infructueuses. Une seule base conviendrait à une pareille classification, la nature même des diverses odeurs ; mais les notions relatives à cet objet sont évidemment insuffisantes.

Linné (1) rapporte les odeurs à sept sections principales : 1° les odeurs aromatiques (*odores aromatici*), comme celles des fleurs d'œillet, des feuilles de laurier, etc. ; 2° les odeurs fragrantes (*odores fragrantes*) : exemple, le lis, le safran, le jasmin, etc. ; 3° les odeurs ambrosiaques (*odores ambrosiaci*) : celles de l'ambre, du musc, etc., sont de ce nombre ; 4° les odeurs alliacées (*odores alliacei*), agréables pour les uns, désagréables pour les autres, et plus ou moins semblables à celle que l'ail exhale : asa fœtida et plusieurs autres sucs gommo-résineux ; 5° les odeurs fétides (*odores hircini*), comme celles du bouc, du grand satyrion (*Orchis hircina*), de la valériane, etc. ; 6° les odeurs repoussantes, vireuses (*odores tetri*), comme celles de l'œillet d'Inde et de beaucoup de plantes de la famille des solanées ; 7° enfin, les odeurs nauséeuses (*odores nausei*), comme celles de la courge, du concombre, et en général des cucurbitacées.

Haller (2), tenant compte surtout du genre de sensations que les odeurs produisent, divise celles-ci en agréables, désagréables, et mixtes c'est-à-dire indifférentes. Mais pour empêcher d'admettre une pareille base de classement, il suffit de rappeler qu'on a tous les jours l'occasion de constater qu'une odeur qui plaît à l'un déplaît beaucoup à l'autre.

Lorry (3), admettant qu'un certain nombre d'odeurs, qu'il nomme *radicales*, sont comme la base d'un grand nombre d'autres, en établit cinq classes, dans chacune desquelles devrait toujours se reconnaître, suivant lui, l'odeur primitive et simple, ou du moins le principe odoriférant qui lui fournit sa dénomination. Ces cinq classes comprennent les odeurs camphrées, narcotiques, éthérées, acides volatiles, et alcalines. Est-il besoin de dire qu'il en est un grand nombre qu'on ne saurait rattacher à aucune de ces classes ?

Fourcroy (4) a proposé une classification qu'il a essayé de fonder sur la nature chimique des odeurs. Il divise celles-ci en : 1° extractives ou muqueuses ; 2° huileuses fugaces ; 3° huileuses volatiles ; 4° aromatiques et acides ; 5° hydro-sulfureuses. Cette division, qui ne s'applique guère qu'aux arômes végétaux, est évidemment incomplète comme toutes les autres, puisqu'elle laisse de côté les odeurs minérales et animales, d'ailleurs si nombreuses et si variées.

On a prétendu classer les odeurs de bien d'autres manières ; mais à quoi bon même les rappeler, quand il est clairement établi que, dans l'état actuel de la science, les éléments d'une classification rationnelle nous échappent ?

(1) *Amœnitates academicæ*, 1756, t. III, p. 183.
(2) *Elementa physiologiæ*. Lausanne, 1769, in-4, t. V, p. 162.
(3) *Observations sur les parties volatiles et odorantes des médicaments tirés des substances végétales et animales* (*Hist. et Mém. de la Soc. roy. de méd.*, 1785, in-4, p. 306).
(4) *Mém. cit.*

IV. Nul doute que, par l'intermédiaire de l'olfaction, l'encéphale ne puisse être influencé très directement, et que les effets des odeurs sur l'économie animale ne soient extrêmement variés (1).

Toutefois il importe de savoir qu'on a souvent attribué, à l'action spéciale des effluves odorants sur l'organe olfactif, des effets qui sont dus en réalité à une tout autre cause. Par exemple, n'est-ce pas plutôt en stimulant surtout les ramifications fournies à cet organe par le trijumeau, nerf de sensibilité générale, que l'inspiration des vapeurs d'ammoniaque prévient ou arrête une syncope, puisque le même phénomène s'observe chez les individus affectés d'anosmie ? Dans les cas suivants cités par H. Cloquet (2), qui oserait affirmer que les accidents ont dépendu d'une action directe des odeurs sur les nerfs olfactifs ou le système nerveux central, et non d'un empoisonnement par absorption pulmonaire ? Les personnes occupées à recueillir la bétoine, pendant les fortes chaleurs de l'été, deviennent ivres et chancelantes, comme après un excès de vin ; les émanations de la racine d'hellébore blanc causent à ceux qui l'arrachent sans précaution de violents vomissements ; des hommes endormis dans un grenier où se trouvaient des racines de jusquiame noir se réveillèrent atteints de céphalalgie et de stupeur ; les odeurs émanées de cadavres en putréfaction ont suffi pour causer la mort presque instantanée de individus chargés de l'exhumation ; en 1779, une femme de Londres, ayant resfermé dans sa chambre à coucher un grand nombre de lis en fleur, fut trouvée morte dans son lit, etc.

Si l'on a fréquemment rapporté à l'odeur des fleurs, en particulier, des accidents dus à l'acide carbonique qu'elles dégagent, un grand nombre semblent pourtant être occasionnés par l'impression olfactive elle-même, qui retentit sur les centres nerveux. La présence de quelques fleurs odoriférantes dans de vastes appartements suffit pour produire, chez certaines personnes, des céphalalgies, des vertiges, des syncopes, des convulsions, des vomissements, un état de somnolence, etc. ; l'odeur du musc ou de l'ambre gris peut occasionner des effets analogues. Schneider (3) a connu une femme qui, aimant les autres odeurs, se trouvait mal en respirant celle des fleurs de l'oranger ; une jeune personne devenait aphone lorsqu'on lui mettait sous le nez un bouquet de fleurs odorantes (4) ; une parente de Scaliger (5) tombait en syncope en flairant un lis, et pensait qu'elle succomberait bientôt si elle s'obstinait à en sentir l'odeur ; Rob. Boyle (6) cite un homme fort et robuste à qui l'odeur du café à l'eau donnait des nausées ; Orfila et H. Cloquet (7) parlent de personnes qui ne pouvaient sentir l'odeur d'une décoction de graine de lin sans éprouver bientôt à la face une tuméfaction suivie de syncope, etc. Mais à quoi bon multiplier les exemples pour des effets qui dépendent de l'idiosyncrasie des individus, d'une plus ou moins grande susceptibilité nerveuse, souvent aussi de l'imagination (8) ?

(1) Consultez le savant *Traité d'osphrésiologie*, de H. CLOQUET. Paris, 1821, p. 79 et suiv.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *De osse cribrif.*, p. 367.
(4) *Journ. de phys. pour l'année* 1780.
(5) *Exercit.* 142, § 2.
(6) *De insign. effic. effluv.*, p. 54.
(7) *Ouvr. cit.*, p. 82.
(8) Th. Capellini rapporte qu'une dame qui ne pouvait, disait-elle, souffrir l'odeur de la rose, trouva mal en recevant la visite d'une de ses amies qui en avait une, et pourtant cette fleur n'était qu'artificielle. (H. CLOQUET, *ouvr. cit.*, p. 80.)

La nature, en multipliant à l'infini les odeurs agréables, nous a créé une source abondante de plaisir et de sensations voluptueuses que parfois l'habitude convertit en besoins : c'est ainsi qu'on voit les créoles, qui viennent des Antilles dans la mère patrie, ne pouvoir renoncer aux enivrantes émanations de l'air natal, et s'entourer de parfums qui, dans chaque inspiration, leur apportent une jouissance ou un tendre souvenir. On sait que certains parfums augmentent le penchant aux plaisirs sexuels, aussi a-t-on dit que la saison des fleurs est aussi la saison des amours : les idées voluptueuses se lient souvent à celles des jardins ou des ombrages odorants ; et les poëtes attribuent aux parfums la propriété de porter dans l'âme une douce ivresse (1), une langueur indicible. Mais bien évidemment l'imagination intervient, pour la plus grande part, dans beaucoup de ces effets.

V. Nous avons vu que l'air est le véhicule ordinaire des odeurs, qu'il est chargé de les transporter au loin, et de les faire arriver jusqu'à l'organe destiné à les sentir ; aussi, chez les animaux vertébrés à respiration aérienne, cet organe est-il toujours placé sur l'une des voies que l'air traverse pour parvenir aux poumons. Une membrane très vasculaire et *nerveuse*, molle, spongieuse, couverte d'un épithélium vibratile, pourvue de nombreuses glandes mucipares, déployée dans les fosses nasales sur des lames osseuses à contours plus ou moins multipliés, et projetée dans diverses ampoules ou sinus existant dans l'épaisseur des os du crâne et de la face, constitue la partie essentielle de l'organe olfactif.

L'étendue de la précédente membrane est une des circonstances qui paraissent le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat. Sous ce rapport, l'homme est loin d'être favorisé, et c'est chez les ruminants, chez quelques pachydermes, et surtout chez les mammifères carnivores que la membrane olfactive atteint son plus haut degré de développement. Dans le chien, par exemple, les fosses nasales, les sinus frontaux prennent un accroissement considérable, et un des cornets, faisant saillie dans la narine, présente des subdivisions dichotomiques fort nombreuses ; dispositions qui tendent toutes, évidemment, à donner à la membrane, siége du sens, une surface plus étendue. Aussi la sagacité olfactive du chien, qui le met sur la trace du gibier ou lui fait retrouver son maître à des distances prodigieuses, est-elle proverbiale. Les chasseurs savent que, pour surpendre les sangliers, il faut se placer au-dessous du vent, afin de dérober à leur odorat des émanations qui les frappent de loin et assez vivement pour leur faire aussitôt rebrousser chemin. Dans la saison du rut, les cerfs sont attirés vers leurs femelles de distances souvent énormes, sans qu'on puisse expliquer ce fait autrement que par l'appréciation d'émanations animales et leur diffusion dans l'atmosphère. Chacun a pu observer que certains ruminants, la chèvre entre autres, refusent, après les avoir flairés, des aliments humectés par notre salive, etc. Aussi Buffon (2) n'hésite pas à avancer que les mammifères quadrupèdes l'emportent de beaucoup sur l'homme pour la finesse de l'odorat. « Ils ont ce sens si parfait, dit-il, qu'ils sentent de plus loin qu'ils ne voient ; non-seulement ils sentent de très loin les corps présents et actuels, mais ils en sentent les émanations et les traces longtemps après qu'ils sont absents et passés. Un tel sens est un organe universel de sentiment ; c'est un œil qui voit les objets, non-seulement où ils sont, mais même par-

(1) CABANIS, *Hist. des sensat.* (*Œuvres compl.*, Paris, 1824, t. III, p. 218).
(2) *Discours sur les animaux*, édit. de Sonnini, t. XXI, p. 295.

tout où ils ont été.... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti; par lequel il agit, il se détermine; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature. » Et, en effet, l'instinct des animaux, que personne ne dirige, est admirable sur ce dernier point : la vache, le mouton ou la chèvre, ne broutent point, dans la prairie, les sommités des herbes vénéneuses, et beaucoup de voyageurs (1) racontent que, jetés dans des contrées inconnues, ils se sont bien trouvés de l'usage exclusif des fruits ou des plantes dont les singes faisaient leur nourriture (2).

Quant à l'odorat des cétacés, tout est contesté : car ceux-ci admettent, et ceux-là nient l'existence des nerfs olfactifs dans cet ordre de mammifères; les uns supposent que les cétacés odorent, les autres leur refusent toute faculté olfactive. Si Rudolphi (3), appuyé par Tiedemann (4), dit n'avoir pas rencontré la première paire dans le dauphin, la baleine et le narval, de Blainville et Jacobson (5), Treviranus (6) affirment l'avoir trouvée sur le *Delphinus phocæna*, et de plus en ont donné des dessins; H. Cloquet (7) a fait la même observation sur le *Delphinus globiceps*; enfin, Cuvier (8) avance que, dans les cétacés, le nerf olfactif existe : « seulement il est extrêmement petit; et si ces animaux, dit-il, jouissent du sens de l'odorat, il doit être fort oblitéré. » Carus (9) va plus loin que Cuvier, et leur refuse positivement l'odorat. Néanmoins, pour prouver qu'ils odorent, on a coutume de citer l'expérience du vice-amiral le Peley (10), qui dit qu'à la côte de Terre-Neuve il est parvenu plusieurs fois à mettre en fuite les baleines qui inquiétaient ses pêcheurs, en faisant jeter à la mer des matières putrides : en admettant la réalité d'un pareil fait, il nous semble bien difficile de l'apprécier à sa juste valeur. Ainsi, d'un côté, il est loin d'être certain que les cétacés manquent de nerfs olfactifs, et, de l'autre, il n'est pas démontré qu'ils odorent; mais, dût-on leur accorder un sens olfactif rudimentaire, les anatomistes ne sont même pas d'accord sur le siége de ce sens, qui, d'après Rudolphi (11), réside dans les poches intérieures des évents; qui, selon Cuvier (12), se trouve, au contraire, dans une espèce de grand sac, situé profondément entre l'oreille, l'œil et le crâne, ouvert dans la trompe d'Eustache, et se prolongeant en différents sinus, lesquels ne communiquent point avec les narines.

Malgré les faits surprenants qu'on a coutume de citer sur l'extrême sensibilité

(1) GUMILLA, *Hist. nat. de l'Orénoque*, t. III, p. 200. — KOLBE, *Descript. du cap de Bonne-Espérance*. — LEVAILLANT, *Voyage en Afrique*, etc.

(2) Nous croyons devoir rappeler ici que Jacobson a découvert, dans les fosses nasales des mammifères, un organe singulier à l'aide duquel, suivant cet anatomiste, l'animal exercerait ce sens si délicat qui lui révèle, dans les subtiles émanations du corps, des qualités utiles ou nuisibles. P. Gratiolet (*Thèse inaug.*, Paris, 22 août 1845), qui a publié d'importantes recherches sur l'*organe de Jacobson*, est porté à croire que cet organe ne se distingue pas d'avec un simple cornet nasal, et que les sensations qu'il procure rentrent dans la classe des sensations olfactives.

(3) *Grundriss der Physiol.*, t. II, p. 105.
(4) *Zeitschrift für Physiol.*, t. II, p. 261.
(5) *Bull. de la Soc. philom.*, déc. 1815.
(6) *Biologie*, t. V, pl. IV.
(7) *Osphrésiologie*. Paris, 1821, 2e édit., p. 332.
(8) *Règne animal*. Paris, 1817, t. I, p. 276.
(9) *Traité élém. d'anat. comp.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 435.
(10) BUFFON, *Hist. des cétacés*, p. 97, édit. de Sonnini.
(11) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 106.
(12) *Leç. d'anat. comp.* rédigées par M. Duméril, t. II, p. 671.

rc des *oiseaux* (1), beaucoup de physiologistes admettent qu'elle est moindre
lle de la plupart des quadrupèdes, et spécialement des carnassiers; que la
ez les oiseaux, étant la sensation dominante, produit beaucoup des effets
rapporte trop exclusivement à l'odorat. Pour les corbeaux, en particulier,
Dugès (2), il paraît indubitable que c'est la vue seule et une défiance natu-
ais non pas l'odeur de la poudre, qui leur font fuir le chasseur. Scarpa (3)
lé, dans la majorité des oiseaux, le volume assez considérable des nerfs
, et surtout l'ampleur des cavités nasales, quoique d'ailleurs leurs cornets,
hez ceux dont l'odorat est le plus fin, soient loin d'être subdivisés comme
mammifères carnivores. Leurs fosses nasales communiquent, au niveau du
upérieur, avec une poche sous-orbitaire qui fait saillie sous la peau quand
distend, et qui remplace les sinus crâniens et faciaux des mammifères : on
la cloison internasale est perforée chez les palmipèdes. Du reste, le même
teur a reconnu que, dans les oiseaux, les nerfs olfactifs varient beaucoup
me. Ils sont grêles relativement dans les gallinacés et les passereaux,
ts dans les rapaces et les palmipèdes, mais très gros surtout chez les échas-
importe de noter que Scarpa trouve cette graduation proportionnelle à
la finesse de l'odorat. Voici, sous ce rapport, dans quel ordre ascendant il
les grands groupes de cette classe de vertébrés : 1° les gallinacés, que, dans
ieuses expériences, il n'a vu être rebutés par aucune odeur que par celle
mmoniaque liquide; 2° les passereaux, qui refusent les aliments imprégnés
phre, d'asa fœtida, etc.; 3° les rapaces ou oiseaux de proie, qui craignent
rt des odeurs que nous trouvons suaves et aromatiques; 4° les palmipèdes,
ntrent plus de susceptibilité encore, à tel point qu'un canard n'a avalé du
rfumé qu'après l'avoir lavé dans un étang voisin; 5° enfin les échassiers,
aissent avoir une sensibilité olfactive supérieure à celle de tous les autres

les *reptiles*, à l'exception des crocodiles, les fosses nasales s'ouvrent en
, dans la bouche, à travers la voûte palatine, et par conséquent ne se pro-
pas autant que chez les vertébrés des deux classes précédentes : les cornets

point central, ou rangés parallèlement comme des dents de peigne de chaque côté d'une bande médiane. C'est dans ces plis que s'épanouissent les filets venus d'un énorme nerf, ou plutôt lobe olfactif, dont le volume égale celui de l'hémisphère cérébral, et parfois même le surpasse. Les organes olfactifs de la baudroie présentent une disposition particulière qui paraît avoir été signalée, pour la première fois, par Scarpa (1). Ils consistent en deux petites coupes cylindroïdes, portées sur un assez long pédicule qui s'implante au-devant de la tête ; du reste, dans leur intérieur se retrouvent les mêmes feuillets que chez les autres poissons, et aussi les ramifications de la même paire nerveuse.

On ne peut contester aux poissons la faculté de percevoir les odeurs (2) malgré le milieu dans lequel ils vivent. De tout temps, les pêcheurs ont observé qu'on les attire ou les fait fuir avec certaines substances odorantes, et l'on ne saurait douter que ce ne soit par l'odorat que le requin et autres squales sont attirés, souvent en foule, autour d'un cadavre jeté à la mer. Divers voyageurs racontent que, quand des blancs et des noirs se baignent ensemble dans des lieux fréquentés par les requins, les noirs, dont les émanations sont plus actives que celles des blancs, sont plus spécialement poursuivis par ces animaux, qui ordinairement les choisissent pour leur première proie.

La plupart des *animaux invertébrés* semblent être pourvus de l'odorat, et même quelques espèces se distinguent par une grande activité de ce sens. Quant à son siége, on en est réduit à faire des conjectures plus ou moins vraisemblables.

Le principe odorant du miel attire de très loin les guêpes, les mouches et les fourmis ; il en est de même de la viande pour certaines mouches qui viennent y déposer leurs œufs. Souvent des papillons mâles s'obstinent à voltiger autour d'une boîte fermée dans laquelle se trouve une de leurs femelles qu'ils ne peuvent apercevoir (3) : ce fait s'observe surtout chez un petit papillon de nuit (*Bombyx antiqua*). Les écrevisses sont promptement attirées autour de diverses substances odorantes qu'on jette dans les ruisseaux qu'elles habitent. D'après les observations de Swammerdam (4), les escargots sortent de leur coquille et s'avancent vers les herbes fraîches qu'ils odorent, etc.

De Blainville (5) place dans les tentacules antérieurs des mollusques gastéropodes les organes olfactifs que d'autres anatomistes font résider à la marge du sac pulmonaire. Suivant Duméril (6), le siége du sens de l'odorat, chez les insectes, existe au niveau des stigmates ou petites ouvertures extérieures des conduits aériens; tandis que, d'après d'autres physiologistes, et Dugès (7) en particulier, il se trouverait dans les antennes. Du reste, les expériences de ce dernier, ainsi qu'il l'avoue lui-même, sont loin de pouvoir être présentées comme preuves irrécusables à l'appui de cette opinion.

(1) *Ouvr. cit.*

(2) Suivant Duméril (*Mém. sur l'odorat des poissons*, dans *Mag. encyclop.*, 1807, t. V), l'organe de l'olfaction n'existerait point chez les poissons, et serait transformé en une sorte d'organe de goût. Mais évidemment ce qu'il y a d'essentiel dans la sensation olfactive ne tient pas à la nature gazeuse de la matière odorante, mais à la sensibilité toute spéciale du nerf olfactif, à la différence qui existe entre cette sensibilité et celle des autres nerfs sensoriaux.

(3) *Encyclop.*, édit. de Neuchâtel, t. XXIII, p. 412.

(4) *Collect. acad. de Dijon*, part. étrang., t. V, p. 64.

(5) *Principes d'anat. comp.*, t. I, p. 341.

(6) *Dissertation sur l'organe de l'odorat et sur son existence dans les insectes* (*Magasin encyclop.*, an V, t. II, p. 435).

(7) *Physiol. comp.*, t. I, p. 160.

Il ne nous suffit pas de savoir que, chez les vertébrés à respiration aérienne, nitaire, déployée dans les fosses nasales et pourvue de deux sortes de nerfs, seule membrane de leur corps qui soit impressionnable aux odeurs ; nous s encore chercher à reconnaître : 1° si pareille impressionnabilité existe dans l'étendue de cette membrane, ou seulement dans quelques-uns de ses points ; me seule espèce des nerfs qui pénètrent dans les narines, ou bien les deux, ptes à transmettre les impressions olfactives à l'encéphale.

lecteur trouvera cette dernière question discutée, avec beaucoup de détails, icle qui traite des fonctions du nerf olfactif. Pour l'instant, je me bor- rappeler que de nombreux faits, empruntés à l'anatomie pathologique, à mie anormale et à l'anatomie comparée, concourent tous à établir, de la e la plus certaine, que ce nerf seul sert à l'odorat, que nul autre ne saurait pléer ou lui servir d'auxiliaire.

dissections les plus attentives démontrent que le nerf olfactif n'envoie ses u'à la portion de pituitaire qui revêt la voûte des fosses nasales au niveau ame criblée, la surface supérieure de la cloison, le cornet supérieur et le moyen, avec le méat qui existe entre eux. Or, il est facile d'instituer des ences propres à prouver que ces points des fosses nasales sont justement ceux l'exclusion des autres, jouissent de la faculté d'être impressionnés par les . Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un e verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odo- pois, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez : l'olfaction sera nulle, s qu'il ne s'agisse d'une odeur très pénétrante et très expansible ; rendez, ntraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que dorant ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire où s'épanouis- s nerfs olfactifs. Là, par conséquent, se trouvent en effet les seuls points de nembrane pourvus de sensibilité spéciale, tandis que tous les autres, qui re- des filets du trijumeau, ne jouissent que de la sensibilité générale ou com- (1).

tion du nez, organe qui sert à diriger les effluves odorants vers la voûte nasale, entraîne-t-elle l'anosmie, d'après Béclard (1) ; aussi enfin, toute influence morbide qui modifie la sécrétion de la muqueuse sensoriale réagit-elle d'une manière fâcheuse sur la fonction olfactive.

L'olfaction peut s'exercer d'une manière passive et involontaire, comme dans les cas où les mouvements ordinaires de la respiration entraînent, sans que nous l'ayons recherché, des molécules odorantes vers les narines. Elle peut aussi être volontaire, comme dans l'action de *flairer*.

Dans ce dernier mode d'olfaction, auquel on a recours pour rendre la sensation plus vive, en fermant d'abord la bouche, tantôt on exécute une inspiration longue et soutenue, tantôt on fait une série d'inspirations brèves et fréquentes : alors, d'après Ch. Bell (2) et Diday (3), le petit appareil musculaire qui borde l'orifice antérieur des narines, et qui est animé par le nerf facial, intervient efficacement pour resserrer cet orifice et le mieux diriger en bas, dans le double but d'augmenter la rapidité du courant d'air et de le diriger vers la partie supérieure des fosses nasales, siége du sens de l'odorat (4). Il est d'ailleurs évident que, dans l'action de flairer, la volonté ne met en jeu que les organes respiratoires, afin d'accroître indirectement l'intensité de la sensation, mais qu'elle ne peut agir sur l'organe sensorial lui-même.

Il est des circonstances dans lesquelles, au contraire, nous avons intérêt à amoindrir nos sensations olfactives, et alors les choses se passent tout autrement. Si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous constatons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : le voile du palais s'élève pour devenir horizontal, tend à fermer en arrière les orifices des narines, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient ainsi le retour de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive. C'est en me basant sur ces observations et sur une analogie dans le mode de répartition nerveuse (5) que j'ai été amené autrefois à faire un rapprochement physiologique entre l'iris et le voile du palais, c'est-à-dire à voir dans ce dernier un moyen propre à nous défendre contre l'action d'odeurs désagréables, ainsi que l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière trop intense.

Une question offrant quelque intérêt est celle de savoir si l'on peut ou non percevoir les odeurs qui arrivent avec l'air expiré, d'arrière en avant, dans les fosses nasales. Haller (6) n'hésite peint à résoudre cette question par la négative, et il rappelle que son opinion est conforme à celle de Galien. Cl. Perrault (7) pense, au contraire, que « le mouvement et l'impulsion que l'air a dans la respiration servent aussi à porter les odeurs sur l'organe de l'odorat, et que cette impulsion se fait par les narines *ou par l'ouverture qui est au palais* »; puis il rappelle que certains

(1) P. Bérard (*Rec. cit.*, p. 9) a vu, dit-il, deux exceptions à cette règle.

(2) *Expos. du syst. nat. des nerfs*. Paris, 1825, trad. de Genest, p. 160 et suiv.

(3) *Mém. sur les appareils musculaires annexés aux organes des sens* (*Gaz. méd. de Paris*).

(4) Voyez plus loin (2e partie, p. 360), *Influence du nerf facial sur l'odorat et les mouvements du voile du palais*.

(5) Voyez pour les détails, le *nerf facial* (2e partie, p. 360), et mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II.

(6) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 173.

(7) *Mécanique des animaux*, t. III, p. 341, 1re partie, chap. III, des *Œuvres de phys. et de mécanique*. Amsterdam, 1727.

mpression sera-t-elle moins facile alors, parce que le chapiteau nasal, , ses muscles et son ouverture inférieure, contribue à la perfection de lirigeant les vapeurs odorantes vers la partie supérieure du nez, là où ifications du nerf; mais enfin il suffit que de l'air chargé d'odeurs ar- erf olfactif pour que l'impression sensorielle ait lieu : rien n'étant mo- , ni à la matière odorante, une modification de courant peut seulement ns moins parfait, non l'annuler. Si un phthisique, un individu qui a ol ou mangé de l'ail, ne sentent pas des odeurs qu'ils portent en eux, s odeurs soient senties par les assistants, cela doit s'expliquer par la mpression, durée qui, on le sait, diminue la perception et la rend ina- » Puis, à l'appui de sa manière de voir, Debrou cite l'expérience sui- it fait choix d'une substance odorante qui ne pût impressionner le goût e de fleur d'oranger), il a avalé une gorgée de ce liquide, et aussitôt, r les narines, il en a perçu manifestement l'odeur. Si, au moment on se pince les narines, la sensation est encore plus vive dès l'instant ouvre, parce que la vapeur odorante s'est accumulée en haut, et qu'on sorte un courant artificiel, semblable à celui que nous produisons en

e ceux qui pensent que les particules odorantes, chassées avec l'air vent agir sur la muqueuse olfactive, mais que la persistance de l'impres- nir par rendre celle-ci inappréciable. Récemment, le docteur Louis et moi é des soins à un malade affecté de cancer de l'estomac, et qui, avant de , eut des vomissements d'une fétidité extraordinaire : ceux-ci furent an- it jours seulement à l'avance, par des rapports exhalant la même odeur ouva plus tard dans les matières vomies. D'abord le malade, qui le plus mait la bouche pour expirer par le nez les gaz venus de l'estomac, sen- il, une odeur infecte *à chaque expiration ;* puis peu à peu les rapports lus fréquents, l'impression fut moins pénible, et elle avait déjà disparu vomissements survinrent. J'ai fait des remarques analogues, relative-

les particules odorantes chassées d'abord par l'expiration. Mais pourquoi aller chercher de semblables exemples ? Tous les jours, quand nous avalons des substances capables d'agir à la fois sur le goût et sur l'odorat, ne percevons-nous pas des impressions olfactives, surtout en expirant par le nez, impressions qui cessent d'avoir lieu lorsque, pinçant cet organe entre les doigts, nous empêchons le courant d'air d'arrière en avant ? Si d'ailleurs, pour bien des substances, la sensation paraît alors différer de celle qui est produite dans l'inspiration, cela peut tenir à ce que l'intensité de l'impression n'est pas la même dans les deux cas. Je reviendrai plus loin sur ces faits en parlant de la liaison du goût avec l'odorat.

Nous avons dit que l'étendue de la membrane pituitaire était une des circonstances qui semblaient le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat, et nous avons vu qu'en effet les contours des cornets étaient généralement d'autant plus multipliés, et les sinus, communiquant avec les fosses nasales, d'autant plus vastes, que les animaux avaient ce sens plus fin et plus développé. Mais il reste à déterminer comment ces cornets et ces sinus peuvent concourir à l'olfaction. Or, on ne trouve que des opinions dissidentes à cet égard : les uns croient que les lames des cornets servent à retenir les émanations odorantes dans les fosses nasales ; les autres supposent qu'elles forment des conduits propres à diriger l'air odorant vers les embouchures des sinus. Quant à ces dernières cavités, on en a fait le siége même du sens olfactif, ou bien des réservoirs dans lesquels les odeurs doivent séjourner, ou encore la source d'un liquide qui vient sans cesse humecter les méats, et qui donne à la pituitaire l'humidité indispensable à sa fonction sensoriale. Suivant Blumenbach (1), qui a émis cette dernière opinion, les orifices des sinus sont dirigés de telle manière que, dans les différentes positions de la tête, le fluide sécrété peut toujours s'écouler des uns ou des autres dans les narines.

Pour démontrer que le sens de l'odorat ne réside point dans les sinus, on a d'abord rappelé que la membrane qui les tapisse ne reçoit aucun filet du nerf évidemment destiné à transmettre les impressions olfactives ; puis on a cité diverses expériences faites sur l'homme lui-même : Deschamps (2), chez un individu dont le sinus frontal communiquait avec l'extérieur, a poussé de l'air saturé de vapeurs de camphre dans cette cavité, dont il avait d'abord intercepté la communication avec les fosses nasales, et le malade ne perçut aucune odeur. Richerand (3) a vu des injections odorantes, faites dans l'antre d'Hibgmore par une fistule au bord alvéolaire, ne produire aucune sensation olfactive.

D'après P. Bérard (4), l'usage des sinus serait de faire pénétrer l'air chargé des émanations odorantes dans toutes les anfractuosités des fosses nasales. Lorsqu'une odeur nous revient après que nous avons cessé de la respirer, cela tient vraisemblablement à ce qu'il s'était introduit dans les sinus des molécules odorantes qui s'en échappent plus tard.

Quant au *nez*, il paraît destiné à diriger l'air, chargé d'odeurs, vers la partie supérieure des fosses nasales, où s'accomplit l'impression. On prétend que, chez ceux qui ont le nez épaté, les narines petites et trop dirigées en avant, l'olfaction est presque nulle. La privation de cet organe, par maladies ou par accidents, entraîne

(1) *Instit. physiol.*, 1798, p. 193.
(2) *Des maladies des fosses nasales et de leurs sinus*, p. 62 et suiv. Paris, 1803.
(3) *Élém. de physiol.*, 10e édit. Paris, 1833, t. II, p. 272.
(4) Art. OLFACTION, dans *Rec. cit.*, p. 11.

ordinairement l'anosmie, à laquelle on remédie, jusqu'à un certain point, par l'adaptation d'un nez artificiel. En tamisant l'air, les petits poils ou *vibrisses* qui se trouvent à l'orifice antérieur des narines peuvent y prévenir l'introduction de corpuscules étrangers, et servir ainsi à la protection de la membrane pituitaire.

VIII. Les *usages de l'odorat*, relativement à la conservation de l'individu, sont des plus importants. Ce sens garde l'entrée des voies respiratoires, explore les gaz à leur passage par les narines, et nous révèle les qualités nuisibles de l'air. Il est aussi le premier explorateur des aliments nouveaux ; souvent la seule odeur qu'ils exhalent, au moment où on les porte à la bouche, suffit pour les faire rejeter ou admettre. Du reste, sous le double rapport dont il s'agit, les indications fournies par l'odorat sont loin d'être aussi parfaites pour l'homme que pour la plupart des animaux : chez celui-ci, elles sont trop souvent trompeuses ou au moins insuffisantes, en ne lui décelant pas dans l'air les gaz dont la respiration est dangereuse, ou bien en lui faisant trouver une odeur peu agréable à un bon aliment, et une odeur agréable à de certains poisons; pour les animaux, au contraire, nous avons déjà eu occasion de citer divers exemples qui prouvent avec quelle sûreté l'odorat les guide à la fois dans la recherche et le choix de leur nourriture. Cependant il peut arriver, mais très rarement, que des animaux s'empoisonnent en mangeant des substances vénéneuses. L'odeur d'un aliment qui plaît provoque la salivation et fait naître l'appétit; mais, quand celui-ci est satisfait, la même odeur n'excite plus guère qu'un sentiment de dégoût : cette dernière impression est une sentinelle vigilante que la nature semble avoir préposée à l'entrée des organes digestifs pour mettre un terme à la gloutonnerie, et il est parfois dangereux, et toujours imprudent, de désobéir à sa voix (1).

L'odorat intervient dans l'éveil du désir vénérien chez quelques personnes : il est des hommes qui trouvent, dans l'influence exercée par l'odeur de la vulve sur la pituitaire, le principe de dispositions très érotiques; l'odeur de l'homme lui-même réveille, chez quelques femmes ardentes, le besoin du plaisir. Mais le souvenir et l'imagination doivent avoir ici une grande part : n'en est-il pas ainsi pour l'impression si vive que produit, surtout dans la jeunesse, l'atmosphère exhalée de certaines femmes, et que la volupté ressaisit même dans les vêtements qu'elles ont quittés ? Quoi qu'il en soit, chez les animaux, la liaison entre les fonctions olfactive et génitale est aussi incontestable qu'elle est intime : à l'époque du rut, les individus d'une même espèce devaient se rechercher mutuellement; il leur fallait donc un moyen de se diriger les uns vers les autres, un moyen d'excitation, et la nature a pris le soin de faire exhaler, vers cette époque, une odeur forte et spéciale aux organes sexuels de la plupart des animaux : rien, en effet, ne pouvait mieux leur servir que ces émanations entraînées au loin par les courants atmosphériques.

Comparé à la vue, au tact et à l'ouïe, ces trois sources abondantes de nos sensations et de nos idées, l'odorat apprend peu à l'intelligence. Il fournit néanmoins au botaniste, au minéralogiste, au chimiste, etc., des notions utiles pour leur faire reconnaître les différences des corps. Mais l'odorat procure un plus grand nombre de connaissances aux animaux qu'à l'homme, et, d'après Buffon (2), « ce sens admirable seul pourrait leur tenir lieu de tous les autres ». « Chez eux, dit-il (et je reproduis volontiers ses paroles que j'ai déjà citées), l'odorat est un organe uni-

(1) GERDY, *Physiol. philos. des sensations, etc.*, p. 77.
(2) *Disc. sur les animaux*, édit. de Sonnini, t. XXI, p. 205. Paris, an VIII.

versel de sentiment; c'est un œil qui voit les objets, non-seulement où ils sont, mais partout où ils ont été... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti, par lequel il agit, il se détermine; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature; par lequel enfin il aperçoit, sent et choisit ce qui peut satisfaire son appétit. » Nul doute, en effet, que, par l'odorat seul, beaucoup d'animaux n'acquièrent des notions fort exactes sur diverses qualités des corps, sur leur distance et leur direction; aussi, quand on leur présente une substance qui leur est inconnue, les voit-on beaucoup plutôt l'explorer à l'aide de l'odorat que la toucher ou la regarder.

IX. Nous avons signalé de grandes différences dans les diverses classes des animaux sous le rapport de la finesse et de l'étendue de l'odorat; des différences non moins remarquables peuvent se rencontrer dans les divers individus d'une même espèce. En effet, s'il existe dans la science des exemples d'hommes privés ou à peu près privés du sens olfactif, il en est aussi d'autres qui se rapportent à des individus chez lesquels ce sens ne semblait le céder en rien à celui de certains quadrupèdes. Woodwart parle d'une femme qui prédisait les orages plusieurs heures d'avance, par une odeur sulfureuse qu'elle reconnaissait alors dans l'air. Un religieux de Prague, non-seulement reconnaissait par l'odorat les différentes personnes, mais encore distinguait une fille ou une femme chaste d'avec celles qui ne l'étaient point (1). Au récit des voyageurs, les Indiens de l'Amérique du Nord poursuivent leurs ennemis ou leur proie à la piste (2). La race mongole et la race nègre paraissent, en raison de l'amplitude des cavités nasales, avoir l'odorat plus parfait et plus étendu que les peuples d'Europe: les Kalmoucks sont cités, entre tous les Asiatiques, pour la finesse extraordinaire de l'odorat. On rapporte aussi de remarquables exemples de la délicatesse de ce sens chez les nègres: quelques-uns distinguent les traces d'un blanc de celles d'un noir, et peuvent suivre à la piste ceux de leurs malheureux camarades qui, pour échapper à l'esclavage, s'enfuient dans les forêts.

SENS DU GOUT.

Le goût est celui de nos sens auquel nous devons la notion des *saveurs*.

I. Dans le langage physiologique, sous le nom de *saveur* on désigne tantôt la sensation particulière qui résulte de l'action des corps sapides sur l'organe du goût, tantôt la qualité inhérente et propre à ces corps eux-mêmes.

C'est en vain qu'on s'est efforcé de découvrir la cause intime de la sapidité et de ses diverses nuances; on n'a produit que des hypothèses sans fondement. Bellini, Rob. Boyle, etc., s'expliquent la diversité des saveurs par les formes différentes des molécules des corps sapides; d'autres, pour rendre compte de la qualité propre à ces derniers, y admettent un principe spécial qui leur est intimement uni, etc. Mieux vaut avouer notre ignorance que d'émettre des explications sans fondement ou basées sur des erreurs.

Du reste, les saveurs naturelles ou artificielles sont tellement diversifiées et se

(1) *Journal des savants*, 1684. — *Œuvres* de LECAT, t. II, p. 257. Paris, 1767.
(2) *Mém. de l'Amér. sept.*, par de la HONTAN. La Haye, 1716, in-12, t. II, p. 177.

nt de tant de manières, qu'elles se jouent des efforts de classification aux-
es ont donné lieu. Faut-il rappeler que Galien divisait les saveurs en aus-
erbes, amères, salées, âcres, acides, douces et grasses ; que Boerhaave les
ait en *primitives*, comme l'acide, le doux, l'amer, le salé, l'âcre, l'alcalin,
neux, l'acerbe, l'aromatique, et en *composées*, c'est-à-dire résultant de la
aison des saveurs primitives ; que Linné, les opposant entre elles, les par-
en salées et visqueuses, sèches et aqueuses, styptiques et grasses, âcres et
; que Haller (1) admettait l'acide, le doux, l'amer, le salé, le spiritueux,
acerbe, l'austère, l'urineux, l'aromatique, le nauséeux et le putride ?
distinction, établie instinctivement par les animaux eux-mêmes, est celle qui
les saveurs en *agréables* et en *désagréables ;* elle semble être aussi la plus
ante, car les corps dont la saveur déplaît sont le plus souvent nuisibles à
omie, et ceux qui plaisent au goût sont en général utiles à la nutrition. Mais
sidérations suivantes pourront servir à démontrer qu'il ne saurait y avoir
fixe, rien d'absolu dans une pareille distinction.

Bien des influences diverses peuvent modifier la gustation, et par suite nos
ur les saveurs. Et d'abord, qui ne sait que telle saveur qui plaît à une espèce
e, à un individu, est repoussante pour une autre espèce, pour un autre
u ? Ajoutons que l'habitude, l'âge, la maladie, l'état de vacuité ou de plé-
de l'estomac, etc., peuvent singulièrement changer les appétences de notre

Siamois et les habitants du Bengale mangent, dit-on, avec délices des œufs
et à moitié pourris ; les Esquimaux boivent de l'huile de phoque de préfé-
l'eau pure répandue en abondance autour d'eux ; les Espagnols, les habi-
midi de la France font un grand usage de l'ail, de l'oignon, et les mangent
aisir à l'état de crudité, quoique les saveurs de ces substances crues déplai-
un fort grand nombre de personnes ; il est, au contraire, des individus qui
sent les saveurs alcooliques et sucrées, bien qu'elles soient trouvées géné-
nt agréables, etc. « L'imagination, dit Lecat (2), entre pour sa part dans la

tomac est malade : un dégoût insurmontable, une répugnance invincible s'opposent à ce que certains d'entre eux soient ingérés ; et les impressions, que produisaient naguère sur l'organe gustatif les substances soumises à son exploration, ont entièrement changé de nature. L'encéphale et les nerfs sensoriaux sont demeurés ce qu'ils étaient ; mais la langue s'est couverte d'un enduit muqueux ou bilieux, et tout produit sur elle une impression fade ou amère. C'est ainsi que, par ses aberrations, le goût témoigne de la solidarité intime qui existe entre lui et l'organe principal de la digestion : aussi son retour à l'état normal est-il comme un gage de la convalescence.

On connaît la singulière tendance de certains enfants, de filles chlorotiques ou de femmes enceintes, à se nourrir d'aliments inusités et de substances plus ou moins dégoûtantes. Baudelocque cite de curieux exemples de femmes qui, dès le moment où elles avaient conçu, prenaient du dégoût pour certains aliments qu'elles aimaient beaucoup auparavant.

Telle saveur qui, dans un âge de la vie, paraissait agréable, ne l'est plus dans un autre ; recherchée dans l'enfance, elle offusque le sens du vieillard. L'enfant préfère les substances douces et peu sapides ; l'homme mûr, surtout le vieillard, recherchent les mets fortement savoureux ou de haut goût.

III. Il n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire, de préciser le *siége du goût :* quand une substance sapide est introduite dans la bouche, l'impression spéciale qu'elle y détermine semble se faire sentir indistinctement dans toutes les parties de cette cavité, tant est grande la mobilité de la langue, tant est rapide la diffusion de la salive imprégnée des molécules sapides. Et pourtant, tous les points de la muqueuse buccale ne jouissent pas de la faculté d'être impressionnés par les saveurs, comme chacun peut le reconnaître sur soi-même, en prenant les précautions convenables. C'est à l'aide de ces précautions, qui consistent à isoler complétement chaque partie de la bouche dont on veut apprécier la propriété gustative, que, de nos jours, plusieurs expérimentateurs se sont appliqués à rechercher le véritable siége du goût. Mais, comme cela arrive trop souvent en physiologie, pourquoi faut-il qu'on ne trouve pas dans les résultats qu'ils annoncent toute la concordance désirable ?

En se servant d'une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine pour porter plus commodément la substance savoureuse sur chaque endroit qu'il voulait explorer, Ant. Vernière (1) affirme avoir trouvé constamment insensible aux saveurs la membrane muqueuse de la voûte palatine (portion osseuse), des gencives, des joues, des lèvres, de la région moyenne et dorsale de la langue, tandis qu'il aurait reconnu la sensibilité gustative dans la muqueuse qui recouvre les glandes sublinguales, la face inférieure, la pointe, les bords et la base de la langue, les piliers et les deux faces du voile du palais (*), les amygdales, et enfin le pharynx lui-même.

Trois années après la publication du travail de Vernière, J. Guyot et Admyrauld (2), ayant isolé des parties environnantes la partie antérieure de la langue,

(1) *Sur le sens du goût*, dans le *Journal des progrès, etc.*, 1827, t. III, p. 208, et t. IV, p. 219.

(*) En parlant de la luette, VERNIÈRE dit qu'elle ne lui a pas semblé être plus sensible aux saveurs que les autres parties du voile du palais.

(2) *Mémoire sur le siége du goût chez l'homme*. Paris, 1830. — Extr. dans *Bulletin des sc. méd.*, de FÉRUSSAC, t. XXI, p. 18.

gageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli, ont conclu de
xpériences : 1° que les lèvres, la partie interne des joues, la voûte palatine,
ers du voile du palais, la face dorsale et la face inférieure de la langue, le
x, sont tout à fait étrangers à la perception des saveurs; 2° que l'exercice du
u goût n'a lieu que dans la partie postérieure et profonde de la langue, au
une ligne courbe à concavité antérieure, passant par le trou borgne, et joi-
les deux bords de l'organe en avant des piliers; sur les bords de la langue,
ute leur épaisseur et sur une surface d'environ deux lignes qui les prolonge
unit à la face dorsale; sur sa pointe avec un prolongement de quatre à cinq
sur la face dorsale, et d'une à deux sur la face inférieure; enfin, sur une
surface du voile du palais située à peu près au centre de sa face antérieure.
i, d'après ces deux derniers expérimentateurs, si l'on excepte le point qu'ils
ent sur le voile du palais, la langue est le siége unique du goût, et encore
ses parties ne concourent-elles pas à l'exercice de ce sens. Au contraire,
ernière (1), le champ des surfaces gustatrices, beaucoup moins restreint,
à d'autres organes, tels que le pharynx et le voile du palais avec ses piliers.
et auteur fait-il observer que l'organe du goût, pris dans son ensemble, se
e sous la forme d'un cône dont le sommet est sur la pointe de la langue et
vers le pharynx; d'où il résulte qu'au fur et à mesure que l'aliment avance,
développer des sensations plus étendues et plus vives, qui, suivant leur
excitent à le rejeter ou à en opérer la déglutition. Puisque, d'ailleurs, les
ns sapides peuvent encore se développer en l'absence de la langue, cela
prouver qu'en effet cet organe n'est pas le seul dépositaire du goût (2).
reproduit sur moi-même, et sur un assez grand nombre d'autres personnes,
ériences de Vernière, de J. Guyot et Admyrauld, avec toutes les précau-
diquées par leurs auteurs; voici en peu de mots les résultats de mes re-
s. Ces résultats concordent généralement avec ceux de Vernière : seule-
je ne crois devoir admettre la sensibilité gustative ni pour la muqueuse
et la face supérieure du voile du palais, ni pour celle qui recouvre les

nabilité aux saveurs se rencontre exclusivement dans les points où le glosso-pharyngien et le rameau lingual du trijumeau distribuent leurs filets (*). Aussi nous proposons-nous de démontrer plus loin, avec tous les détails convenables, que ces paires nerveuses président seules à la gustation.

IV. Depuis la publication de leur premier mémoire, qui avait seulement pour but de déterminer le siége du goût et de fixer les limites dans lesquelles ce sens s'exerce, J. Guyot et Admyrauld (1) ont poussé plus loin leurs investigations. Ils se sont demandé : 1° si les surfaces gustatives perçoivent les saveurs avec la même énergie dans toute leur étendue; 2° si ces surfaces perçoivent indifféremment toutes les saveurs ; 3° si un corps sapide donne dans toute l'étendue de l'organe du goût une saveur identique.

Ces expérimentateurs résolvent la première question par la négative, et ils assignent aux diverses parties gustatives le rang suivant, fondé sur leur degré de finesse et d'aptitude à être impressionnées par les saveurs: la base ou partie postérieure de la langue, sa pointe, ses bords ; le voile du palais.

Quant à la seconde question, ils avancent que certains corps sapides (et de ce nombre sont le lait, le beurre, l'huile, le pain, les viandes et une grande quantité de substances surtout alimentaires) ne font éprouver à la partie antérieure de la langue qu'une impression de tact, et que c'est seulement en arrière que leur saveur caractéristique se manifeste. Mais il m'a toujours semblé qu'en prenant le soin de se pincer le nez, tout en mâchant ou avalant ces substances, elles paraissaient insipides, et qu'on avait dû confondre leur arome spécial avec leur prétendue saveur. On pourrait penser, disent J. Guyot et Admyrauld, que le défaut d'action de ces corps sapides sur les parties antérieures de la bouche tient à leur peu de sapidité ou au peu de finesse du sens dans ces parties. La solution de la troisième question prouverait, d'après eux, qu'il n'en est pas toujours ainsi. Un très grand nombre de corps, disent-ils, et particulièrement les sels, présentent ce fait très remarquable, que la sensation produite par eux sur les parties antérieures de la langue est entièrement différente de celle qu'ils donnent à la partie postérieure. Ainsi l'acétate de potasse solide, d'une acidité brûlante à la partie antérieure de la bouche, est amer, fade et nauséeux à la partie postérieure, où il n'est plus du tout acide ni piquant. L'hydrochlorate de potasse, simplement frais et salé en avant, devient douceâtre en arrière. Le nitrate de potasse, frais et piquant en avant, est en arrière légèrement amer et fade. L'alun, très peu sapide quand il est solide, est frais, acide et surtout styptique lorsqu'il est broyé en avant de la bouche, tandis qu'il donne en arrière une saveur douceâtre sans la moindre acidité. Le sulfate de soude est franchement salé en avant et franchement amer en arrière. L'acétate de plomb, frais, piquant, styptique en avant, est exclusivement sucré en arrière, etc.

Du reste, les saveurs acides sont en général mieux appréciées par la pointe et par les bords de la langue; les saveurs basiques sont mieux reconnues par la base de cet organe, et le plus grand nombre des corps sans acidité et sans alcalinité donnent une saveur unique. Toutefois il ne faudrait pas aller trop loin dans cette voie, et croire que tous les sels font sentir leur saveur acide, salée, piquante, sty-

(*) DEBROU (*Thèse inaugurale*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui vont à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de croire que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui est loin d'y exister d'une manière aussi appréciable que dans les piliers.

(1) *Arch. gén. de méd.*, 2e série, 1837, t. XIII, p. 51.

e, à la pointe, et leur saveur amère, métallique, basique à la partie postérieure langue; il existe, en effet, un grand nombre d'exceptions : ainsi l'hydro- ate de soude a une saveur unique; en goûtant l'acétate de plomb avec la base langue, je perçois une saveur styptique très prononcée, et pas seulement, e on le dit, une saveur sucrée, etc. Toutes ces généralités ne doivent donc doptées que comme un point de vue sur lequel W. Horn (1), un des pre- , a fixé l'attention des physiologistes: c'est en essayant une foule de sub- s qu'il est arrivé à reconnaître que les unes donnent une même saveur outes les régions de l'organe gustatif, et que les autres en déterminent une ifférente, suivant leur application au sommet ou à la base de la langue. Dans ciation de ces phénomènes il conviendrait de tenir compte des réactions ques qui peuvent s'opérer dans la cavité buccale.

si, comme nous l'avons établi plus haut, la langue est l'instrument principal it, d'autres parties, comme les glandes salivaires et les cryptes mucipares, is, les dents, les joues et les lèvres, concourent au *mécanisme de la gustation*. corps solides ne sont sapides qu'autant que leurs molécules sont mises en t avec la salive et les humeurs folliculeuses qui lubrifient la bouche; dans le sécheresse de notre langue, la saveur des corps solides n'est point perçue. uration et, par conséquent, l'intervention des dents sont nécessaires à d'au- ubstances pour développer leur sapidité. Pour bien sentir la qualité et l'in- d'une saveur, il importe, comme on le constate facilement sur soi-même, de le corps solide contre le point sur lequel on veut expérimenter. Or, la voûte e, en agissant d'une manière purement mécanique, fournit à la langue une e solide et rugueuse contre laquelle cet organe multiplie ses points de con- ec la substance savoureuse. C'est bien à tort que, dans tous ces cas, nous tons au palais la moitié de l'impression gustative; car les choses se passent ment de la même manière, quand on a recouvert le palais avec une pellicule néable et insipide, tandis que, si la pellicule est appliquée sur la langue et y dépose le corps sapide, on a beau ensuite la porter vers le palais et répéter

les ressources de ses autres parties, jouit d'une extrême sensibilité. L'aliment, introduit entre les arcades dentaires, est écrasé par elles, et ses parties les plus ténues, mêlées à la salive, tombent sans cesse en dedans et en dehors de ces arcades; la première partie est immédiatement reçue par les bords de la langue, et entretient la sensation pendant tout le temps que dure la mastication : lorsqu'elle a cessé, la seconde est également rejetée sur ces bords par la contraction des joues, et vient produire une saveur analogue. Mais bientôt toutes les portions d'aliments réduites en pulpe, réunies sur la face dorsale de la langue, sont pressées contre la voûte palatine par cet organe, et les sucs exprimés vont encore se rendre naturellement sur ses bords. Enfin le bol alimentaire, poussé vers l'arrière-bouche, se trouve d'abord pressé par la partie sensible du voile du palais et glisse ensuite sur la base de la langue, où il produit une sensation très vive, d'autant plus prononcée qu'il offre plus de mollesse et de points de contact, et où il laisse une impression plus ou moins durable, qu'augmente encore, comme on le sait, l'odeur qui dans la plupart des cas s'exhale des aliments. »

Il y aurait eu beaucoup d'inconvénients, dit Vernière (1), à ce que, chez l'homme, les principales jouissances du goût eussent leur siége dans la bouche: avec une telle disposition, nous aurions pu manger sans cesse en rejetant toujours ce que nous venions de mâcher. Mais ce sens étant ce qu'il est, nous sommes intéressés à avaler, parce que ce sont surtout les impressions qui ont leur siége dans l'arrière-bouche que nous aimons à nous procurer, outre que la résistance à l'instinct qui nous porte à avaler (2) a quelque chose de fatigant et de pénible.

Pour qu'une perception sapide ait lieu d'une manière complète, il importe que la substance savoureuse ne glisse pas trop rapidement sur la surface gustatrice; cette substance fût-elle même liquide, il faut qu'elle coule en nappe dans la bouche avec une certaine lenteur et qu'elle y soit retenue assez de temps pour donner lieu à l'espèce d'imbibition nécessaire à l'exercice du sens. Aussi le gourmet, qui déguste des vins ou des liqueurs, se garde-t-il bien de les avaler avec précipitation; par l'application répétée de la langue à la voûte palatine, il force ces fluides à se répandre, à plusieurs reprises, sur les bords et la pointe de l'organe, et renouvelle ainsi les mêmes sensations : alors les saveurs, qui avaient échappé à son attention pendant les premiers contacts, finissent par être perçues aux contacts suivants.

Je suis loin de regarder comme démontrée la part directe qu'on accorde aux papilles linguales dans la gustation; j'en dis autant du mouvement qui leur serait imprimé par le tissu musculaire sous-muqueux, qu'on suppose être animé par la corde du tympan. Peut-être, au moyen de l'espèce de gazon épais qu'elles forment par leur réunion, n'ont-elles d'autre usage (du moins les coniques ou filiformes) que d'empêcher, à la surface de la muqueuse sensoriale, le glissement trop rapide des fluides imprégnés de saveurs. On sait que l'extrémité libre et les bords de la langue sont *en partie* dépourvus de papilles, et que pourtant, dans ces mêmes points non papillaires, la sensibilité gustative est exquise; il en est de même de la portion horizontale et des piliers du voile du palais, et aussi de la base de la langue où se rencontrent de nombreuses glandules, mais peu ou point de papilles (*). Cette

(1) *Rec. cit.*, p. 212.

(2) C'est ce que Gerdy appelle *sensibilité de la déglutition* (*Physiologie philos. des sensations, etc.* Paris, 1846, p. 71).

(*) Les papilles dites *caliciformes* sont placées au-devant de ces glandules, et disposées suivant deux lignes obliques réunies en V ouvert en avant.

base passe néanmoins pour être la partie la plus impressionnable aux saveurs, celle où elles persistent le plus, tandis que la face dorsale de la langue, hérissée de milliers de papilles coniques et filiformes, est réputée rebelle à l'action des corps sapides. Les papilles fongiformes, qui sont accumulées au bout libre de la langue, ont été surtout regardées comme gustatives : elles me paraissent bien plutôt être des organes tactiles ; car, à la pointe de la langue, entre la portion recouverte de ces papilles et celle qui ne l'est pas, je trouve, sous le rapport de la délicatesse du tact, une différence marquée que je ne constate point relativement au goût.

VI. Si, dans le but de nous éclairer sur certaines qualités sensibles des corps, le goût et l'odorat combinent bien souvent leur action, ils peuvent aussi agir isolément. Des expériences fort simples, et faciles à répéter sur soi-même, démontrent que, parmi les sensations produites par des corps sapides appliqués sur la langue, il en est qu'on rapporte à tort à cet organe, puisqu'en réalité elles appartiennent à la membrane pituitaire ou olfactive : de ce nombre sont les sensations dues au *fumet* (*flavour* des Anglais), c'est-à-dire aux odeurs qui peuvent se manifester pendant l'exercice même du goût. Aussi, pour les faire cesser immédiatement, suffit-il d'empêcher l'expiration de l'air par le nez en pinçant cet organe entre les doigts. Quand on n'a point encore accompli soi-même l'expérience, on ne saurait se faire une idée des différences extrêmes qui existent entre les sensations dues à une substance sapide et odorante, suivant que le passage de l'air expiré par les fosses nasales est libre ou interrompu. Vos yeux et vos narines étant fermés, faites déposer successivement sur votre langue diverses espèces de confitures, par exemple, puis des crèmes aromatisées l'une avec la vanille, l'autre avec le café, etc., et vous ne percevrez, dans tous ces cas, qu'une saveur douce et sucrée, sans pouvoir jamais discerner les diverses substances employées. Le défaut de coopération de l'odorat rendant une pareille distinction impossible, il ne faut donc pas s'étonner de ce que le goût ait paru à certains observateurs avoir un rôle plus limité qu'on ne le suppose généralement, à d'autres être un effet combiné que produit l'action de la langue en s'associant avec celle de l'appareil olfactif, à d'autres enfin ne former avec l'odorat qu'un seul et même sens.

Toutefois les expériences de Chevreul (1), en isolant l'impression gustative de l'impression olfactive, ont permis d'établir la séparation de ces deux sens.

Chevreul a divisé les corps en quatre classes, suivant l'impression qu'ils produisent dans la bouche : 1° corps qui n'agissent que sur le tact de la langue (cristal de roche, saphir, glace) ; 2° corps qui agissent sur le tact de la langue et sur l'odorat : métaux odorants, tels qu'étain, etc. ; 3° corps qui mettent en exercice le tact de la langue et le goût : sucre candi, chlorure de sodium pur, etc. ; 4° corps qui influencent à la fois le tact de la langue, le goût et l'odorat : huiles volatiles, pastilles de menthe, de chocolat, etc.

La cause qui provoque les nausées lorsqu'on goûte de la bile, de la manne, etc., réside, suivant le même observateur, dans le principe odorant de ces matières ; les butyrates, les sulfites, etc., mis dans la bouche, laissent dégager une portion de leur acide, qui produit sur la pituitaire la sensation que nous éprouvons en flairant les acides butyrique, sulfureux, etc. La *saveur urineuse* qu'on attribue aux bases alcalines fixes n'appartient point à ces substances, mais bien à l'ammoniaque qui

(1) *Des différentes manières dont les corps agissent sur l'organe du goût* (*Journal de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 127).

est mise en liberté par la réaction des bases alcalines fixes sur les sels ammoniacaux contenus dans la salive. Les preuves en sont : 1° dans la disparition de la sensation précédente quand on presse les narines, 2° dans la perception de la même sensation lorsqu'on flaire un mélange de salive fraîche et d'alcali, qu'on a opéré dans une capsule de porcelaine ou de verre.

Depuis les recherches de Chevreul, Ant. Vernière (1) s'est appliqué à démontrer que beaucoup d'impressions réputées sapides sont uniquement tactiles ; que, par exemple, les impressions d'âcreté, d'irritation ou d'astringence, diffèrent essentiellement des saveurs.

Du reste, quoique la sensibilité tactile et la sensibilité gustative soient dans un rapport assez exact, et que les parties qui jouissent d'un goût plus vif soient aussi douées d'un tact plus délicat, ces deux modes de sentir n'en sont pas moins parfaitement distincts, comme tend à l'établir la pathologie bien mieux que l'expérimentation : en effet, la science possède aujourd'hui plusieurs observations de lésion de la sensibilité tactile de la langue avec conservation du goût (2). Cette particularité rend probable, dans les nerfs glosso-pharyngien et lingual, l'existence de filets spéciaux pour les saveurs et d'autres filets pour les impressions tactiles.

VII. Sous le rapport du développement et de la délicatesse du goût, assurément il existe de bien grandes différences entre les individus de notre espèce. « De deux convives assis au même banquet, dit Brillat-Savarin (3), un est délicieusement affecté, tandis que l'autre a l'air de ne manger que comme contraint : c'est que ce dernier a la langue faiblement outillée, et que l'empire de la saveur a aussi ses aveugles et ses sourds. » D'ailleurs, nul doute que le goût ne puisse être singulièrement perfectionné par l'exercice : le cuisinier habile apprécie des saveurs qui échappent au vulgaire, et va jusqu'à en analyser plusieurs à la fois ; les dégustateurs de profession ne se méprennent guère sur les qualités des vins soumis à leur examen, reconnaissent ceux de chaque territoire d'une contrée, et désignent la propriété particulière qui les a fournis, aussi bien que l'année de leur récolte. Mais le goût peut aussi s'affaiblir par l'impression trop prolongée ou trop souvent répétée des corps vivement sapides : c'est ce qui a lieu chez les personnes qui font un usage habituel de liqueurs fortes ou d'aliments de haut goût, et qui sont obligées de ranimer sans cesse leur faculté gustative par des impressions toujours nouvelles et d'une croissante intensité.

Plusieurs physiologistes admettent que l'état de société influe notablement sur la finesse du goût, tant chez l'homme que chez les animaux. Ainsi les sauvages, qui se font leur propre éducation, et qui, le plus souvent sans autre guide qu'eux-mêmes, sont obligés de choisir leurs aliments, auraient, dit-on, le goût beaucoup plus développé que l'homme civilisé. D'un autre côté, on rapporte que les animaux herbivores, élevés dans les hautes montagnes, ne paissent presque jamais les plantes vénéneuses qui s'y trouvent en abondance ; tandis que si l'on y conduit des animaux *domestiques* de la plaine, ceux-ci sont très sujets à s'empoisonner. — Nous croyons que, dans ces divers exemples, on a rapporté à l'intervention du goût ce qui doit être mis sur le compte de l'odorat.

(1) *Rec. cit.*, 1827, t. IV, p. 222.

(2) *Encyclographie des sc. méd.*, 1836, 1re livr. — *Gaz. méd. de Paris*, 1840, p. 184. — Voyez dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 198, 234, deux observations, l'une de C. James, et l'autre d'Aux. Bérard. — MÜLLER'S *Arch*, 1835, p. 139.

(3) *Physiol. du goût*, t. I, p. 77, 5e édit. Paris, 1838.

Le goût est faiblement développé dans l'enfance : ainsi les tout jeunes enfants, quoiqu'ils préfèrent les substances douces et sucrées, boivent et mangent la plupart des aliments qu'on leur présente, les plus grossiers comme les plus délicats ; ils goûtent si mal et se trompent si bien sur les saveurs, qu'en se bornant à changer l'aspect des choses qu'ils refusaient d'abord, on les leur fait avaler souvent avec facilité. Quoique le goût prenne une très rapide extension à mesure qu'on avance dans la vie, d'autres sensations ont encore trop d'activité pour qu'il puisse devenir l'objet d'une occupation spéciale pour le jeune homme, et, dans la vivacité de son appétit et de ses préoccupations, on voit celui-ci se montrer indifférent à la recherche des mets. Il n'en est pas de même dans l'âge mûr ; c'est alors que naissent les gastronomes, dont le plus souvent les dispositions particulières vont se perfectionnant avec l'âge pour ne s'éteindre qu'avec la vie. C'est qu'en effet le goût survit à la perte de tous les penchants, de tous les sentiments, de tous les plaisirs ; c'est le dernier ami fidèle à la vieillesse de l'homme.

VIII. Le goût, puissamment aidé par l'odorat, est pour nous un moyen de choisir, parmi les diverses substances que la nature nous présente, celles qui sont propres à nous servir d'aliments. Combiné avec l'appétit, qui désigne la quantité des matériaux réparateurs que l'organisme réclame, le goût, en rendant la mastication agréable, nous invite par le plaisir à réparer les pertes continuelles que fait notre économie. Toutefois, quand l'appétit est très vif, c'est lui d'abord que nous songeons à satisfaire, sans guère nous occuper de la saveur de nos aliments ; mais, lorsque le premier cri de l'estomac est apaisé, les jouissances du goût seules nous captivent et nous mangeons dans l'unique but de nous les procurer. Aussi, pour prévenir les excès de la gloutonnerie, importait-il, dès que les aliments sont ingérés en quantité suffisante, que nous fussions avertis par une sensation nouvelle de nous arrêter : cette sensation, est celle de la satiété ou bientôt même du dégoût. Les relations intimes de l'estomac et de l'organe du goût ne sauraient d'ailleurs être méconnues : la substance qui répugne à ce dernier se digère mal ou ne tarde pas à être vomie ; parfois même il suffit qu'elle soit appliquée à la surface gustative pour déterminer déjà le vomissement, et les maladies de l'estomac pervertissent quelquefois le goût, comme pour avertir l'individu que la chymification ne saurait s'accomplir convenablement.

Assurément, si on le compare à la vue, à l'ouïe et au toucher, le goût fournit relativement bien peu de matériaux à l'intelligence, quoiqu'il puisse donner quelques notions utiles sur la composition chimique des corps.

Ce sens, dit-on, manque de mémoire, et il nous faut l'impression actuelle d'un corps sapide pour nous rappeler que sa saveur nous était déjà connue : aussi, quand, en rêve, nous assistons à un repas, nous voyons les mets sans en savourer le goût.

IX. En esquissant l'histoire comparée du goût, chez l'homme et les animaux, il importe de se rappeler que ce sens a pour siége non-seulement la langue, mais aussi la gorge, afin de ne pas aller conclure que, si, chez beaucoup d'entre eux, la langue n'est point disposée pour le goût, celui-ci manque nécessairement ; il faut encore savoir que cet organe ne sert pas seulement à la gustation, mais à la mastication, à la déglutition et, chez certains animaux, à la préhension des aliments, aussi bien qu'à un toucher fort délicat, pour ne pas se croire suffisamment

autorisé à juger de la délicatesse de leur goût par l'étendue de leur langue, le volume considérable des nerfs qu'elle reçoit, le développement des papilles ou la finesse de l'épiderme.

Quand j'examine la langue de l'homme, que je tiens compte de son tissu flexible, de ses mouvements faciles et variés, de sa surface étendue, de son enveloppe fine et humide, enfin de ses nerfs gros et nombreux, je me sens porté à admettre que le goût ne doit être chez aucun animal plus parfait que chez l'homme : si d'ailleurs, plus invariablement et plus sûrement que lui, les animaux font choix de la nourriture la mieux appropriée à leurs besoins, tout me fait croire, je l'ai dit, que leur guide fidèle, dans ces cas, est bien plutôt l'odorat que le goût.

La langue des singes et des chiens offre les plus grandes analogies avec la nôtre; seulement elle est plus mince. Dans beaucoup de carnassiers, notamment des genres *hyæna* et *felis*, un certain nombre de papilles coniques, beaucoup plus saillantes que les autres, se revêtent d'un étui corné, pointu et recourbé en arrière: évidemment étrangères au goût, elles ont paru avoir pour usage de déchirer la proie en la léchant pour en faire sortir le fluide sanguin. La moitié postérieure de la langue et l'intérieur des joues des ruminants sont aussi recouverts de grosses papilles cornées, dirigées en arrière en forme de griffes, et probablement destinées à favoriser la déglutition; ce qui, du reste, n'empêche pas les espaces interpapillaires de la base de la langue de concourir à la gustation. Les rongeurs dont la nourriture consiste en racines ou en écorces plus ou moins sèches ont une langue dont le tégument est dur, et parfois même revêtu, sur les côtés, d'espèces d'écailles dentelées, comme chez le porc-épic; tandis que les espèces qui se nourrissent de fruits, comme les écureuils, ou de substances animales et végétales, comme les rats, offrent une langue molle et dépourvue de productions cornées.

De Blainville (1) suppose que le milieu dans lequel vit l'animal doit apporter quelques modifications à l'organe du goût, et que les espèces aquatiques sont moins parfaites, sous ce rapport, que celles qui vivent dans l'air. Les papilles linguales, qui, à la vérité, pourraient se rapporter tout aussi bien à la sensibilité tactile qu'à la sensibilité gustative, commencent à disparaître chez les phoques, pour n'exister plus ou exister à peine chez les cétacés, dont la langue, petite, graisseuse et fixe, est assez défavorablement disposée pour discerner les saveurs.

Le goût semble être plus ou moins obtus chez les *oiseaux :* leur langue est, en général, dépourvue de tissu musculaire, sèche et cartilagineuse. La plupart paraissent avaler leurs aliments sans les déguster : tels sont, plus spécialement, les oiseaux insectivores et granivores. Les espèces qui goûtent leur nourriture, qui la mâchent jusqu'à un certain point, comme les perroquets, ont la langue plus charnue, plus épaisse, et la peau qui la recouvre plus molle et même pourvue de papilles : celles-ci me semblent être plutôt en rapport avec le tact qu'avec le goût. Les oiseaux de proie, qui déchirent leur nourriture, quoiqu'ils ne la mâchent pas, ont aussi une langue large et assez charnue. Celle du coq, veloutée en dessus, offre en dessous, vers la pointe, une sorte d'ongle mou, comparable à celui qui garnit l'extrémité de nos doigts, et propre à faciliter l'exercice du toucher. L'étui corné est aussi épais, aussi lisse en dessus qu'en dessous à toute la portion avancée en fer de flèche chez la plupart des autres oiseaux, qui ne peuvent goûter les saveurs que par la portion

(1) *Ouvr. cit.*, p. 247.

aire la plus humide, la plus molle, et que garnissent des papilles et non des
cornées (1).

général, la langue des *reptiles* est moins mince et moins sèche que celle des
ux; elle est très protractile et souvent bifide; quelquefois elle devient un
e de préhension dont le jeu, très remarquable, ne saurait nous occuper en ce
nt. Plus l'espèce avale avec gloutonnerie, moins elle doit goûter, et, par
quent, moins l'organe gustatif est favorablement disposé. Les crocodiles pré-
nt à peine une saillie linguale dont le tégument n'offre presque aucune des
ications propres à en faire une membrane gustative ; tandis que les chélo-
qui mâchent leur nourriture, et très probablement la goûtent, ont une langue
ue, molle et couverte de papilles nombreuses, il en est de même des lézards,
mâchent et écrasent les insectes dont ils se nourrissent. La langue, chez les
iens anoures, est très extensible ; ils s'en servent surtout pour saisir leurs
ts.

rgane et le sens du goût sont supposés être à leur minimum chez les *poissons*.
rniers ont la place de la langue plus souvent armée de petites dents poin-
rochues, propres à retenir la proie, que pourvue d'une membrane gustative.
t qu'il existe, au palais des cyprins, un organe mobile que plusieurs physio-
sont présenté comme un appareil de gustation ; mais ce n'est encore là qu'une
ièse.

que le sens du goût existe indubitablement chez la plupart des *animaux arti-*
il est donc permis d'admettre son organe : on sait que les sangsues aiment
ur du lait, du sang ou de l'eau sucrée, et qu'elles piquent plus volontiers la
e l'homme quand elle est humectée de ces liquides. La mouche commune
les aliments sucrés à tous les autres ; telle chenille ne se nourrit que de la
de tel arbre, etc., chaque espèce dénotant ainsi la spécialité de son goût. Il
probable à de Blainville (2) que l'organe de ce sens se trouve à la partie
ure de la cavité buccale. En effet, on trouve, suivant lui, dans les ortho-

SENS DU TOUCHER.

I. Le toucher, qui nous avertit du contact des corps ambiants, nous donne aussi des notions sur la température relative, la sécheresse, l'humidité, le poids, la consistance, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Toutefois, il faut bien le reconnaître, plusieurs de ces notions ne deviennent parfaites que par le concours d'un autre sens, celui de la vue; de plus, elles supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace.

Le tact a pour siége tous les points de la périphérie cutanée et certaines membranes muqueuses ; aussi apprécions-nous quelques-unes des qualités tangibles des objets mis en contact avec ces parties. Mais le toucher, avec les pouvoirs que nous venons de lui assigner, ne saurait appartenir qu'à des organes spéciaux aptes à s'appliquer, à se mouler, pour ainsi dire, sur les corps soumis à notre examen; il lui faut l'attention, des contractions musculaires dirigées par la volonté, afin de multiplier et de varier les points de contact avec ces corps. Tant que notre main elle-même reste immobile à la surface d'un objet, elle n'agit que comme organe de tact; pour exercer un véritable toucher, il est indispensable qu'elle se meuve volontairement. Entre le tact et le toucher, dont je suis loin de faire deux expressions synonymes, comme le veulent certains physiologistes, il existe donc une incontestable différence. Quand on dit que, chez nous, il y a un tact *actif* ou toucher, et un tact *passif*, de prime abord cette distinction peut sembler inexacte, car toute sensation est accompagnée de perception, et toute perception est active; mais évidemment ces mots signifient que, dans un cas, l'impression a lieu par suite d'une détermination volontaire, et que, dans l'autre, elle peut se faire sans que nous l'ayons recherchée.

II. Quant aux phénomènes de la sensibilité générale comparés à ceux de la sensibilité tactile, divers observateurs, et notamment P. Gerdy (1), se sont appliqués à les distinguer. Haller (2), confondant ces deux ordres de phénomènes, admet que tout filet nerveux placé au contact des corps extérieurs peut transmettre à l'encéphale les diverses impressions tactiles, et que ces sortes d'impressions sont d'autant plus parfaites et plus intenses, que le contact du corps extérieur et du filet nerveux est lui-même plus immédiat. Il avance, par exemple, que le nerf dentaire, mis à nu par la carie d'une dent, peut percevoir avec une douloureuse exactitude la chaleur ou le froid, la mollesse ou la dureté, etc., jusqu'à la figure même du corps qu'on applique sur lui. Mais tous les chirurgiens savent qu'un cordon nerveux sensitif, dénudé et mis en contact direct avec un corps extérieur, ne peut guère transmettre à l'encéphale qu'une impression de douleur, ou bien quelques impressions vagues, toujours incapables de nous donner, sur les qualités des corps, les idées nettes que nous font acquérir le tact et surtout le toucher.

Du reste, la sensibilité générale, en vertu de laquelle nous sommes avertis des diverses irritations mécaniques, chimiques ou électriques, appliquées à nos tissus, est universellement répandue dans tous ceux qui reçoivent des nerfs appropriés,

(1) *Mém. sur le tact et les sensations cutanées*, dans l'*Expérience*, 1842, t. IX, p. 401, et t. X, p. 1.
(2) *Elementa physiol.*, t. V, lib. XII, § 1 : *Tactus in universum*.

s que, comme nous l'avons dit, la faculté de ressentir les impressions spéciales et n'appartient qu'à certains tissus privilégiés, à la peau et à diverses mem- s muqueuses. Ajoutons que la sensibilité tactile et la sensibilité générale sont l'être développées, dans une même partie, en raison directe l'une de l'autre : la main, qui possède la première au plus haut degré, est bien moins sen- aux chocs violents, aux pressions douloureuses, au chatouillement, etc., que oup d'autres parties du corps. Un léger coup au visage, comme le fait er Gerdy (1), produit une vive douleur, tandis que, à la pulpe des doigts et t à la paume des mains, on ne fait que le sentir.

ils soient dus à une cause interne ou à un excitant extérieur, les effets de sen- générale s'accompagnent communément de douleur ou de plaisir ; les sen- tactiles, quand l'imagination n'intervient point, ont au contraire pour carac- sentiel d'être indifférentes par elles-mêmes, et de se borner à nous fournir ions sur l'objet en contact avec notre corps. Il importe que des phéno- sensitifs généraux, trop prononcés, ne surviennent point lors de l'exercice s tactile, car toute exaltation de la sensibilité générale tend à obscurcir, en e sorte, les sensations spéciales du tact : un chatouillement très vif nous fait toute notion du corps qui l'occasionne ; une forte pression, l'application orps trop chaud ou trop froid, en ne produisant plus qu'une sensation dou- se, masquent ou neutralisent toute perception tactile proprement dite ; le réciproque du vagin et du pénis cesse d'être perçu dans le moment où la ion particulière au coït atteint son maximum d'intensité, etc.

Quand, chez l'homme, un corps extérieur arrive au contact immédiat des s tactiles, ces surfaces reçoivent des impressions transmissibles par une e classe de nerfs (2) et perceptibles par l'encéphale ; il en résulte plusieurs ions distinctes : la sensation de contact, — la sensation de résistance, — la ion de température relative (3).

diverses sensations résulteraient, d'après quelques observateurs, d'autant s distincts. Déjà Aristote (4) faisait observer que la langue sent, dans le

comprend le tact général; la seconde perçoit le chaud et le froid, l'humide et le sec, le pesant et le léger, le consistant et le mou, l'étendue, la situation, la forme, le ressort des corps élastiques; la troisième est relative au chatouillement, et la quatrième à la volupté. Enfin Landry (1), non-seulement classe les sensations tactiles sous les quatre titres suivants: 1° sensation d'activité musculaire, 2° sensation de contact, 3° sensation de température, 4° sensation de douleur; mais en outre il admet autant de nerfs différents pour chacune de ces sensations.

Si toutes ces divisions n'avaient pour but que de grouper, de coordonner les sensations diverses fournies par le sens du toucher, il serait bon de les admettre, tout en cherchant à démontrer en quoi elles sont défectueuses; mais, si elles doivent au contraire isoler seulement, sans les expliquer davantage, les phénomènes que nous observons, et si, basées sur des faits réels, elles doivent aboutir à des hypothèses qui ne sont pas suffisamment justifiées, autant vaut n'admettre dans le sens du toucher que les divisions généralement acceptées.

Que les notions fournies par le tact soient très variées, c'est un fait certain et aperçu de tout temps; que ces notions soient indépendantes les unes des autres, que les unes puissent être encore produites quand les autres cessent de l'être, c'est un fait moins généralement constaté et sur lequel Landry a porté toute l'attention d'un esprit exact et toute la finesse d'une dialectique habile. Mais, en faut-il conclure que ces notions résultent d'autant de sens distincts, que ces sens aient autant de nerfs différents? L'observation et le raisonnement ne nous semblent guère favorables à cette induction.

Pour chaque sensation spéciale, il existe un nerf de sensibilité spéciale se rendant en un point particulier des centres nerveux. Où trouve-t-on, dans les nerfs du toucher, des fibres spéciales pour les diverses sensations et se rendant en des points différents des centres nerveux? Sans doute, le nerf principal du goût (glosso-pharyngien) est aussi nerf de sensibilité générale. Mais, loin qu'on puisse trouver dans la double aptitude de ce nerf un argument à l'appui des aptitudes diverses des nerfs du toucher, le glosso-pharyngien peut être cité comme une preuve qu'un nerf spécial doit avoir une origine particulière; car on sait que ce nerf, en outre de sa racine ganglionnaire, présente des filets radiculaires sans ganglion qui paraissent destinés à la sensibilité gustative.

Dans les autres sens, on peut encore mieux isoler la sensibilité spéciale de la sensibilité générale, et pourtant jamais le plus habile expérimentateur n'est parvenu à séparer, dans un même rameau nerveux, des filets pour la sensation de température, d'autres filets pour la sensation de contact. Les paralysies, il est vrai, peuvent atteindre l'une de ces sensations et non l'autre, mais il serait peu rigoureux, dans ces cas, d'assimiler les conditions pathologiques aux conditions physiologiques, attendu que trop souvent ces paralysies s'accompagnent de phénomènes complexes, de lésions profondes ou multiples qui ne permettent guère de tirer des déductions absolues.

La différence est-elle donc plus grande entre deux notions tactiles qu'entre deux notions gustatives, optiques, etc.? La sensation de température et celle de contact ne se ressemblent pas; mais en quoi se ressemblent les sensations de doux et d'amer qui ne sont certes pas des degrés d'une seule et même impression? En continuant cet examen, nous trouvons que le nerf optique donne non-seulement la notion de

(1) *Traité des paralysies*, t. II, p. 178 et suiv. Paris, 1859.

la forme, mais aussi celle de la couleur, mais aussi celle de la saillie, celle de l'éclat, etc. ; et dans le son, le timbre et le ton, ne sont-ils donc pas aussi destinés à impressionner différemment le même nerf auditif? Les sensations diverses que nous pouvons éprouver sont infinies, mais les moyens par lesquels elles nous parviennent sont très limités : ces moyens sont les *cinq* sens, parmi lesquels nous semble devoir figurer comme *un*, le sens du toucher. — La même tige de métal conduit la chaleur, l'électricité, le son, etc. Est-ce à dire qu'il y ait pour chacun d'eux une tige particulière?

a. La *sensation de contact* est loin d'être discernée avec la même précision et la même netteté dans les différentes régions de la surface tégumentaire. Les expériences de E. H. Weber (1) donnent, à cet égard, de curieux renseignements. Ce physiologiste a démontré que les deux pointes mousses d'un compas, appliquées simultanément sur divers points de la périphérie du corps, doivent présenter des écartements très variables pour donner lieu à deux sensations distinctes, et non à une seule; on conçoit d'ailleurs qu'ici moindre sera le degré d'écartement, plus grande devra être la subtilité ou la délicatesse du tact.

Les parties qui possèdent la faculté tactile au plus haut degré, c'est-à-dire celles qui exigent la moindre distance entre les deux extrémités du compas pour pouvoir en éprouver une impression double, sont, d'après E. H. Weber, le bout de la langue, qui perçoit deux sensations distinctes avec un écartement d'une demi-ligne, et la face palmaire de la phalangette des doigts qui réagit de la même manière avec une ouverture de compas qui ne dépasse point une ligne; puis viennent la surface rouge des lèvres, la face palmaire de la deuxième phalange des doigts, 2 lignes; la face dorsale de la troisième phalange, le bout du nez, la face palmaire au-dessus des têtes des os métacarpiens, 3 lignes; le dos et le bord de la langue à un pouce de la pointe, la partie non rouge des lèvres, le métacarpe du pouce, 4 lignes; le bout du gros orteil, la face dorsale de la deuxième phalange des doigts, la face palmaire de la main, la peau de la joue, la face externe des paupières, 5 lignes; la muqueuse du palais, 6 lignes; la peau de la partie antérieure de la pommette, la face plantaire du métatarsien du gros orteil, la face dorsale de la première phalange des doigts, 7 lignes; la face dorsale des têtes des os métacarpiens, 8 lignes; la membrane muqueuse des gencives, 9 lignes; la peau en arrière et au-dessus de la pommette, la partie inférieure du front, 10 lignes; la partie inférieure de l'occiput, 12 lignes; le dos de la main, 14 lignes; le cou au-dessous de la mâchoire, 15 lignes; à la rotule, 16 lignes; au sacrum, à l'acromion, à la fesse, à l'avant-bras, au genou et au dos du pied près des orteils, 18 lignes; au sternum, 20 lignes; au rachis, le long des cinq vertèbres dorsales supérieures, près de l'occiput, à la région lombaire, 24 lignes; au rachis, dans le milieu du cou, dans le milieu du dos, 30 lignes, ainsi qu'au milieu du bras et de la cuisse.

Toutefois les expériences de G. Valentin (2) tendent à prouver que de pareilles mesures sont loin d'être absolues; car, d'après ce physiologiste, la finesse du tact varie, chez les différents individus, au point d'être deux fois plus grande chez une personne que chez une autre dans la même région du tégument externe (3). Il

(1) *De subtilitate tactus*, dans l'ouvrage intitulé : *De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834.

(2) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*. Bernæ, 1839, p. 118.

(3) Consultez aussi GRAVES : *Observat. on the Sense of Touch, including an Analysis of* WEBER'S *Work on that Subject* (*Edinburgh New Philos. Journ.*, 1836, t. XLI, p. 74).

rence sera perceptible pour la main tout entière. « Il semble, dit H. Belfield-Lefèvre (1), que les impressions différentielles, communiquées à chaque point distinct du tégument, s'additionnent en une somme totale, qui seule est transmise au cerveau, de telle sorte que la température apparente d'un corps soit toujours proportionnelle au nombre de points par lesquels ce corps touche l'organe du tact. »

Les différences de température ne sont point perçues avec la même netteté par les diverses régions de la surface tégumentaire externe ou interne, et les expériences prouvent que la peau de la face palmaire des doigts, la muqueuse de la pointe de la langue, etc., pourtant douées au plus haut degré de la sensibilité tactile, le cèdent à la peau des joues, des paupières et de l'olécrâne, sous le rapport de l'impressionnabilité aux températures différentes.

On sait à quel point des liquides très chauds ou très froids impressionnent les papilles dentaires elles-mêmes. La muqueuse de l'œsophage et de l'estomac, celle du vagin et du rectum, sont loin d'être étrangères aux impressions de température. Je suis porté à supposer qu'il en est de même d'une assez grande longueur du gros intestin, car on éprouve une sensation de froid très manifeste, qui semble marcher dans la direction des côlons ascendant et transverse, après l'administration d'un lavement froid. Il se pourrait néanmoins que les nerfs des parois abdominales contiguës à cette portion de l'intestin fussent les seuls agents de transmission d'une pareille impression.

Quoi qu'il en soit, l'aptitude à discerner les températures pouvant appartenir à quelques surfaces évidemment dépourvues de sensibilité tactile, on conçoit que l'on ait vu, dans cette aptitude, un phénomène de sensibilité générale. Darwin dit avoir observé l'abolition du tact, avec persistance de la sensibilité à l'action de la chaleur; il cite, en effet, des observations de paralytiques insensibles à tout contact, et qui ressentaient vivement l'impression de la flamme. Réciproquement, depuis Darwin, on a rapporté des exemples d'individus qui, ayant perdu toute impressionnabilité à la température, avaient conservé la sensation du contact.

Plus loin, en nous occupant de déterminer les voies de transmission des impressions sensitives, dans la moelle épinière, nous reviendrons sur ces faits et tenterons de les expliquer.

IV. Il a été dit précédemment que, chez l'homme, si toutes les parties du tégument externe et certaines régions du tégument réfléchi sont le siége de sensations tactiles plus ou moins distinctes, la *main*, plus encore par sa conformation que par sa sensibilité tactile si prononcée, devait être regardée comme l'organe principal du *toucher* (*).

Avec ses brisures nombreuses, ses prolongements articulés et mobiles, susceptibles d'écartement et de rapprochement, ses nerfs si volumineux (**), sa position à l'extrémité d'un long levier, mieux que toute autre partie, la main présente l'heureuse prérogative d'avoir plus de surface, d'embrasser un plus grand nombre d'ob-

(1) *Thèse cit.*, p. 51.

(*) On verra, à la fin de ce chapitre, quels sont les divers organes du toucher dans la série des animaux.

(**) Les rameaux nerveux destinés à la face palmaire des doigts présentent une disposition remarquable qui consiste dans la présence de corpuscules gangliformes, signalés pour la première fois par Andral, Camus et Lacroix, et plus récemment étudiés par Pacini, Henle et Kölliker. Du reste, les usages de ces corpuscules sont absolument ignorés. (Au sujet de leur structure, consultez un mémoire de DENONVILLIERS, inséré dans les *Arch. d'anat.* de MANDL.)

, d'aller à leur rencontre, de multiplier et de varier les points de contact par
uels elle peut être affectée. Aussi un appareil locomoteur des plus complets lui
net-il d'exercer les mouvements les plus variés, et, en prenant pour ainsi dire
s les formes, de s'appliquer immédiatement sur tous les objets, et d'en rece-
par conséquent, dans un même instant, un nombre infini d'impressions. Nous
s d'ailleurs fait observer que, tant que la main reste immobile à la surface des
, elle agit seulement comme organe de tact; que, pour exercer le toucher, il
qu'elle se meuve, soit pour parcourir leur surface, afin de nous en indiquer la
, les dimensions, etc., soit pour comprimer ces corps, afin de nous donner
otions sur leur élasticité, leur consistance, etc.

st surtout à la faculté d'opposition du pouce que l'homme doit la perfection
n organe du toucher (*). Grâce à cet artifice, aux zones papillaires concen-
s des extrémités digitales, il n'est corps si ténu qu'il ne puisse saisir et palper,
me temps que, par l'écartement considérable de ce doigt, il parvient à empoi-
des corps très volumineux.

derme ou chorion sert, pour ainsi dire, de base à l'appareil tactile : formant
ouche à la fois solide et élastique, il permet aux corps extérieurs de s'appli-
médiatement sur les papilles sans les léser ou les paralyser par l'effet de leur
on ; sa souplesse est accrue par la présence d'un tissu cellulo-fibreux sous-
, qui, à l'extrémité des doigts, prend la forme d'un véritable coussinet élas-
L'épiderme s'interpose entre les agents extérieurs et les papilles, de manière
éger ces dernières ; les ongles contribuent à l'exactitude de l'application des
Quant aux autres détails relatifs à l'usage et à l'utilité de chacune des
s de la main, nous ne saurions trop engager le lecteur à méditer le traité *De*
rtium (lib. I et II) de Galien, et l'admirable livre que Ch. Bell a écrit sur
me sujet : on y trouve la démonstration, curieuse par ses détails infinis,
a main est parfaitement ce qu'elle devait être pour le rôle auquel elle est
ée.

Bon (1) ne partage pas l'enthousiasme de Galien sur la structure de la main :

Telle qu'elle est, la main seule ou les deux mains réunies suffisent pour nous donner les impressions tactiles les plus variées et les plus étendues : placées à l'extrémité des membres supérieurs, elles peuvent comprendre entre elles un espace égal à la hauteur de notre corps, décrire des cercles dont le rayon peut être infiniment petit ou être de la grandeur de la totalité du membre supérieur ; tantôt rapprochées du reste du corps, elles le touchent en un point quelconque, car il n'en est pas qui soit inaccessible à l'une ou à l'autre main ; tantôt elles en sont éloignées, et, quand nous avançons à tâtons dans l'obscurité, elles marchent, pour ainsi dire, devant nous. C'est par elles que nous recevons les premières notions des corps extérieurs ; aussi nous servent-elles encore à la préhension de ceux qui peuvent nous être utiles, à la répulsion de ceux qui peuvent nous être nuisibles : aussi, par sa perfection, la main semble-t-elle être en rapport avec la perfection de l'intelligence. « Jamais la main du nègre, dit Guitton (1), ne nous a offert cette organisation, ce développement, cette régularité de ligne, cette harmonie qui constituent la supériorité et la beauté de celles que nous avons si souvent remarquées chez les blancs..... Le membre thoracique et la main de l'idiot et du crétin sont informes et atrophiées comme leur cerveau ; leur main, petite, supportée par un large poignet, manque quelquefois de pouce ; et, quand il existe, il reste fléchi, comme adhérent à la paume de la main. » Toutefois il ne faut pas oublier, comme nous le répéterons bientôt, que l'homme doit sa suprématie à son organisation cérébrale, et que, quand la nature l'a doué d'intelligence, elle a dû aussi le pourvoir de l'instrument nécessaire pour en accomplir les combinaisons.

V. Le sens du toucher a pour usage de nous avertir du contact des corps ambiants et de nous donner des notions sur la température relative, la solidité ou la fluidité, le poids, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Cependant, comme nous l'avons déjà fait observer, plusieurs de ces notions supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace, ou ne peuvent devenir rigoureusement exactes que par le concours d'un autre sens, celui de la vue.

La puissance du toucher, toute grande et tout admirable qu'elle est déjà, a pourtant été encore exagérée : on a voulu faire de ce sens, le premier, le plus important des sens, celui qui rectifie les autres, qui peut les remplacer tous, etc. ; et, dans cette voie, on a été jusqu'à considérer ceux-ci seulement comme des modifications du toucher.

« Toute la différence qui se trouve dans nos sensations, dit Buffon (2), ne vient que du nombre plus ou moins grand et de la position plus ou moins extérieure des nerfs : ce qui fait que les uns de ces sens peuvent être affectés par de petites particules de matières qui émanent des corps, comme l'œil, l'oreille et l'odorat ; les autres, par des parties plus grosses qui se détachent des corps au moyen du contact, comme le goût ; et les autres par les corps ou même par les émanations des corps, lorsqu'elles sont assez réunies et assez abondantes pour former une espèce de masse solide, comme le toucher, qui nous donne des sensations de la solidité, de la fluidité et de la chaleur des corps. »

Lecat (3) fait du toucher le plus sûr des sens et le dernier retranchement de

(1) *Anat. et physiol. compar. de la main*, thèse inaug. Paris, 1843, n° 124, p. 26.
(2) *De l'homme : Des sens en général*. Édit. de Sonnini, t. XX, p. 41.
(3) *Traité des sensations*, t. II, p. 203. Paris, 1767.

l'incrédulité. Toute la doctrine de Condillac est fondée sur la même opinion, qu'il a portée au delà des limites de la raison ; et Helvétius (1) en est venu à dire : « Si la nature, au lieu de mains et de doigts flexibles, eût terminé nos poignets par un pied de cheval, qui doute que les hommes ne fussent encore errants dans les forêts comme des troupeaux fugitifs ? »

Il est curieux de voir que Galien, qui s'est livré avec tant de détails et de perfection à l'examen de l'utilité de la main et de ses parties, s'élève déjà contre cette manière de voir qui remonte par son origine jusqu'avant Aristote : « L'homme a eu des mains, dit Galien (2), parce qu'il est un animal très sage et que les mains sont pour lui des instruments convenables ; car il n'est point animal très sage, comme disait Anaxagoras, parce qu'il a eu des mains, mais il les a eues parce qu'il est très sage, comme a jugé très bien Aristote : car ce ne sont pas les mains, mais la raison qui lui a enseigné les arts. Ainsi les mains sont instruments des arts, comme la lyre du musicien et les tenailles du forgeron ; mais l'un et l'autre sont savants en leur art par la raison de laquelle il ont été doués et pourvus, et ne peuvent néanmoins exercer les arts qu'ils savent sans instruments. »

Non assurément, le toucher, quelque délicat qu'il soit, quelque exercé qu'il puisse devenir, n'est pas capable de remplacer les autres sens, non plus que les autres sens ne pourraient suppléer à l'absence du toucher, s'il venait à manquer. Les sens s'entr'aident, s'associent pour le complément des notions nécessaires à l'esprit, mais leur appui mutuel ne s'applique qu'à leurs fonctions médiates, et jamais l'acte immédiat, spécial de chaque sens, ne peut être rempli par un autre : la vue seule reconnaît la couleur des corps, l'odorat seul leur odeur, le goût seul leur sapidité, etc. ; mais, aussi bien que le toucher, la vue peut apprécier leur contour, leurs dimensions, etc., et, comme l'ouïe ou la vue, l'odorat permet parfois de juger de leur distance et de leur direction. Il faut reléguer parmi les erreurs que l'esprit humain propage ou accueille si facilement l'histoire merveilleuse (3) d'un organiste hollandais qui, devenu aveugle, pouvait distinguer au toucher les différentes couleurs ; et peut-être même celle du sculpteur Ganibasius de Volterre (4) qui, aveugle aussi, pouvait, après avoir touché un objet, en faire en argile la copie parfaitement ressemblante. Il n'est pas impossible que, parmi les couleurs que les arts emploient, quelques-unes offrent des aspérités, des rugosités sensibles au toucher ; mais la main, qui reconnaît ces caractères tangibles, ne reconnaît pas pour cela les couleurs, mais seulement des particularités tactiles qui coexistent avec la couleur. Aussi les aveugles, qui apprennent à lire avec les mains, à toucher la parole écrite en relief, n'ont-ils de l'écriture que les notions de forme, et nullement celles qui ne peuvent s'acquérir que par les yeux.

Il en est de même pour le sens de l'ouïe : quand des vibrations sonores sont perçues par le toucher, elles ne donnent que la sensation de la vibration, et nullement celle du son. Quand on approche du nez, des lèvres ou des dents d'un sourd, un diapason qui vibre, le frémissement, le chatouillement qui résultent de ce contact sont perçus par le sourd comme par toute autre personne, mais ils sont perçus séparément du son qu'il produit.

(1) *De l'esprit, etc.*, chap. I.
(2) *De usu partium*, trad. franç. de Daléchamp, liv. I, chap. III, p. 4 (Paris, 1659) et dans édit. lat., fol. 109, au verso (Venise, 1541).
(3) LECAT, *ouvr. cit.*, t. II, p. 211.
(4) IDEM, *loc. cit.*

Il ne faut pas oublier, du reste, que les sens ne sont que les instruments de l'intelligence. Les notions qu'ils nous fournissent sur les corps peuvent être plus ou moins étendues sans cesser d'être suffisantes, et la mémoire ou le jugement peut suppléer au défaut des renseignements fournis. Ainsi la vue de l'eau donne l'idée de l'humidité, qui est du ressort du tact; le bruit d'une contusion fait naître l'idée de pression, qui est une sensation tactile. Dira-t-on que la vue et l'ouïe remplacent le toucher? Non sans doute; mais on reconnaîtra, avec Montaigne, que c'est l'intelligence qui voit et qui entend, que c'est elle aussi qui touche : la main n'est que l'instrument dont elle se sert pour cet effet.

C'est par le secours de la main ou du toucher qu'on est parvenu à fournir d'assez nombreuses notions à l'intellect de pauvres êtres assez maltraités par la nature, pour être à la fois sourds, aveugles et muets. Mais la poésie seule peut admettre que ces individus voient ou entendent avec les mains, reçoivent par elles les notions de la lumière ou du son, non plus que les muets ne possèdent la voix dans leurs mains. L'intelligence humaine est assez active pour pouvoir se développer alors même qu'elle est privée de la plupart de ses instruments; elle est assez habile pour suppléer artificiellement au sens qui lui manque; mais elle ne saurait le remplacer. Que les impressions sensoriales soient ou non des vibrations analogues à celles du tact, ce qui constitue leur spécificité, c'est surtout la spécialité de l'organe, de la portion du centre nerveux destinée à les recevoir. Buffon (1) s'est évidemment trompé quand il a dit : « La différence qui est entre nos sens ne vient que de la position plus ou moins extérieure des nerfs et de leur quantité plus ou moins grande dans les différentes parties qui constituent les organes. C'est par cette raison qu'un nerf ébranlé par un coup ou découvert par une blessure, nous donne souvent la sensation de la lumière sans que l'œil y ait part, comme on a souvent aussi, par la même cause, des tintements et des sensations de sons, quoique l'oreille ne soit affectée par rien d'extérieur. »

Contre l'assertion de l'illustre naturaliste, jamais un nerf de sensibilité tactile, quelque légèrement ou superficiellement qu'il soit impressionné, ne pourra transmettre une impression lumineuse et faire naître la sensation visuelle; que ce soit la lumière même qui soit employée comme excitant d'un nerf de sensibilité tactile, l'impression lumineuse ne sera ni reçue, ni transmise, ni perçue, de même qu'une impression tactile, si violente qu'elle puisse être, ne sera pas reçue par la rétine, ni transmise par le nerf optique, ni perçue par l'encéphale : elle ne pourra produire qu'une sensation lumineuse, comme la lumière agissant sur les nerfs de sensibilité générale ne détermine que la sensation de la chaleur, comme les vibrations sonores ne causent à la peau qu'une sensation tactile.

Sans vouloir nier que notre éducation intellectuelle soit fondée en grande partie sur les connaissances que le toucher nous procure, nous ne saurions répéter avec Buffon (2) : « C'est par le *toucher seul* que nous pouvons acquérir des connaissances complètes et réelles; c'est ce sens qui rectifie tous les autres sens, dont les effets ne seraient que des illusions et ne produiraient que des erreurs dans notre esprit, si le toucher ne nous apprenait à juger. » Évidemment tout ce qu'on a attribué au toucher, sous ces rapports, appartient à des organes plus relevés qui

(1) *Loc. cit.*
(2) *Hist. nat. génér. et partic.*, édit. de Sonnini, t. XX, p. 49.

générale s'accompagnent communément de douleur ou de plaisir ; les sen-
tactiles, quand l'imagination n'intervient point, ont au contraire pour carac-
essentiel d'être indifférentes par elles-mêmes, et de se borner à nous fournir
ions sur l'objet en contact avec notre corps. Il importe que des phéno-
sensitifs généraux, trop prononcés, ne surviennent point lors de l'exercice
tactile, car toute exaltation de la sensibilité générale tend à obscurcir, en
sorte, les sensations spéciales du tact : un chatouillement très vif nous fait
toute notion du corps qui l'occasionne ; une forte pression, l'application
rps trop chaud ou trop froid, en ne produisant plus qu'une sensation dou-
e, masquent ou neutralisent toute perception tactile proprement dite ; le
réciproque du vagin et du pénis cesse d'être perçu dans le moment où la
n particulière au coït atteint son maximum d'intensité, etc.

Quand, chez l'homme, un corps extérieur arrive au contact immédiat des
s tactiles, ces surfaces reçoivent des impressions transmissibles par une
classe de nerfs (2) et perceptibles par l'encéphale; il en résulte plusieurs
ns distinctes : la sensation de contact, — la sensation de résistance, — la
n de température relative (3).
diverses sensations résulteraient, d'après quelques observateurs, d'autant
distincts. Déjà Aristote (4) faisait observer que la langue sent, dans le
ieu, les saveurs et les qualités tangibles des corps. Cardan (5) a établi, dans
ber, quatre sens différents : le premier pour le chaud, le froid, l'humide et
le second, pour la douleur et le plaisir (qui, pour nous, se rapportent à la
lité générale) ; le troisième, pour les joies de Vénus, et le quatrième pour
nteur. Gerdy (6) reconnaît aussi quatre espèces de toucher : la première

Idem. cit.
es nerfs sont : 1° les *trente et une racines spinales postérieures*, qui se distribuent direc-
la peau de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, ainsi

ne sont pas seulement les mains et les pieds, mais encore l'extrémité de la queue, qui servent d'organes du toucher.

Dans les *mammifères*, les conditions d'aptitude du tégument extérieur à recevoir les impressions tactiles sont modifiées par la présence des poils. On sait que, dans certaines espèces, les moustaches servent manifestement au toucher, et que des nerfs volumineux aboutissent aux bulbes de ces poils. Cette disposition est manifeste chez les rats, les phoques, etc.

L'extrémité du nez est disposée, dans plusieurs animaux, de façon à pouvoir leur donner connaissance des qualités tangibles des corps. Le cochon et la taupe s'en servent à cet effet, et l'éléphant possède de plus une trompe contractile dont l'extrémité est riche en papilles. Les lèvres ne restent pas non plus étrangères aux sensations du toucher : chez le cheval, l'âne, le rhinocéros, elles y prennent une part évidente. Les membranes des ailes de chauves-souris sont douées d'une sensibilité exquise qui compense le développement peu considérable de la faculté visuelle.

Dans les *oiseaux*, la sensibilité tactile est peu développée, à cause du grand nombre de plumes qui recouvrent la surface de leur corps. Le toucher s'exerce presque exclusivement par les pattes et le bec : une condition avantageuse, sous ce rapport, est le nombre considérable d'articulations des doigts chez ces animaux. Le corps papillaire du derme est aussi développé, et la partie inférieure des doigts notamment est garnie de fortes papilles. L'enveloppe cornée du bec n'enlève pas à cet organe sa sensibilité propre ; le bec inférieur reçoit une branche nerveuse considérable du nerf trijumeau chez le canard, etc. La langue, chez plusieurs oiseaux, sert aussi à faire reconnaître les qualités tangibles des corps.

Beaucoup de *reptiles* n'ont pas d'organe spécial du toucher. Parmi les reptiles écailleux, nous devons néanmoins citer les geckos, qui ont un tact assez développé, probablement en raison de l'élargissement de leurs doigs. Dans les chéloniens, le tact est au contraire à l'état rudimentaire; la brièveté des doigts et leur réunion expliquent cette particularité. Doit-on admettre que le museau des lézards, la langue de la couleuvre servent aux sensations tactiles ? Chez les batraciens, la peau est nue et semble jouir de qualités tactiles très éminentes.

Les organes du tact, dans les *poissons*, sont imparfaitement connus. On considère comme tels les prolongements qui se trouvent autour du museau ou de la tête, et qu'on désigne sous le nom de *barbillons*. Ces prolongements existent en plus grand nombre chez les silures, les loches, les esturgeons, etc. De Blainville (1) assure avoir constaté que, chez ces derniers animaux, les barbillons reçoivent des filets nerveux considérables. Jacobson a observé, dans les squales, des organes particuliers que l'on considère généralement comme faisant partie de ceux du toucher, et qu'il a comparés aux moustaches des chats. On suppose aussi que les nageoires latérales de certains poissons servent aux sensations tactiles. Les appendices du *scorpène antenné* remplissent peut-être le même rôle.

Dans les animaux *articulés*, il existe de grandes différences au point de vue qui nous occupe. Avec un tégument corné ou calcaire que possèdent les crustacés, les insectes, les myriopodes et les arachnides, on conçoit que ces animaux ne doivent

(1) *De l'organisation des animaux*, 1822, p. 227.

e l'on désigne sous le nom de palpes, d'antennes, et qui existent
s invertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, suivant
c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après
lpes sont efficacement employés à l'exploration des aliments dont
ion.

usques, la peau est humide et souple, disposée conséquemment de
oir des impressions tactiles. On trouve, en outre, chez les animaux
nt à cette classe, des organes spéciaux en rapport avec l'exercice
nt les longs bras des céphalopodes, instruments qui servent en
la locomotion. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothu-
les appendices de ce genre. Enfin, quelques-uns de ces animaux ont
nince, et le corps généralement sensible; mais on comprend qu'il y
ressions qu'ils peuvent ressentir à celles que procure un véritable
er.

., t. I, p. 121.
., p. 233.
., t. I, p. 124.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL (*).

Le SYSTÈME NERVEUX est le siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires et involontaires; il préside aux diverses sympathies, influence les actes de nutrition, de sécrétion, de calorification, etc., et domine ainsi les fonctions de l'économie tout entière.

Une question capitale, soulevée depuis longtemps par l'observation des maladies, résolue d'une manière tantôt affirmative et tantôt négative, s'offre tout d'abord dans l'étude physiologique du système nerveux : cette question est relative à la possibilité de distinguer les uns des autres, dans ce système, les appareils spéciaux de la sensibilité, de la motricité et de l'intelligence.

Hâtons-nous de reconnaître que, dans l'encéphale, pareille distinction laisse encore beaucoup à désirer, et que sur ce point, aujourd'hui la science est riche plutôt en hypothèses qu'en vérités rigoureusement établies.

Mais en est-il de même quand il s'agit de discerner les conducteurs des impressions des conducteurs du mouvement, soit dans les cordons nerveux, soit dans la moelle épinière ; et, dans le cas où cette délimitation importante aurait été mise en évidence chez les animaux vertébrés, pourrait-elle aussi devenir manifeste dans les parties analogues du système nerveux des animaux inférieurs? Tel est le problème physiologique dont la solution devra d'abord nous occuper.

Puis, nos efforts s'appliqueront à démêler, autant que possible, dans l'encéphale lui-même, les parties plus spécialement en rapport avec l'exercice du sentiment, du mouvement ou de l'intelligence ; — à étudier le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, et l'influence des agents électriques, mécaniques et chimiques, sur ces deux appareils; — à faire connaître les rapports plus ou moins directs du système nerveux avec les phénomènes dits sympathiques, et avec les actes de sécrétion, de nutrition, de production de chaleur, etc.

Enfin, cherchant à expliquer les phénomènes intimes de l'action nerveuse, il nous faudra examiner, à côté d'anciennes hypothèses, la théorie moderne fondée sur l'identité présumée de l'agent nerveux avec l'électricité ; — et faire succéder à cette étude d'ensemble celle de chacune des dépendances du système nerveux en particulier.

(*) Voyez, pour ce qui concerne l'étude anatomique du système nerveux, notre ouvrage intitulé : ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS, *ouvrage contenant des observations pathologiques relatives à ce système et des expériences sur les animaux des classes supérieures.* 2 vol. in-8° avec planches.

— SIÉGE DISTINCT DE LA SENSIBILITÉ ET DE LA MOTRICITÉ DANS LE SYSTÈME NERVEUX.

A — Division physiologique des nerfs rachidiens et de la moelle épinière.

ès la plus haute antiquité, on s'est préoccupé de la question de savoir com-
t il se fait que, dans des parties jouissant encore de la liberté de leurs mouve-
ts, la sensibilité puisse s'éteindre, ou que, réciproquement, celle-ci étant
te, les mouvements y deviennent impossibles : aussi les simples prévisions du
nement avaient-elles déjà fait supposer la division des organes nerveux en
du sentiment et ceux du mouvement.

— Au rapport de Rufus d'Éphèse (1), Érasistrate admettait deux sortes de nerfs,
s sensitifs, les autres moteurs, et faisait dériver les premiers des méninges,
conds du cervelet et du cerveau.
lien (2) surtout avait fixé son attention sur ce point. Il reconnaît trois espèces
rfs : les uns durs, destinés au mouvement ; les autres mous, destinés aux
tions ; puis des nerfs mixtes possédant à la fois la faculté sensitive et motrice.
différences d'usage résultaient, selon lui, d'une différence dans les origines de
erfs. Galien cite, à cette occasion, dans divers passages de ses écrits, l'obser-
du sophiste syrien Pausanias, qui, étant tombé de voiture, avait reçu, entre
eux épaules, un coup violent, dont la conséquence avait été une paralysie du
ment aux deux derniers doigts et à la moitié du doigt du milieu. Vainement
res médecins avaient appliqué divers topiques sur les doigts malades ; Galien
reconnut que la source du mal était à la moelle épinière, au point d'émer-
e des nerfs, et qu'il fallait diriger les moyens thérapeutiques vers ce point :
let, sa médication fut heureuse. Pour tirer de leur surprise ceux qui ne com-
aient point comment l'application de ces moyens à la colonne épinière avait
ire disparaître une anesthésie des doigts, Galien leur expliqua que des nerfs
ensibilité propres à ces organes viennent directement de la moelle, d'où
gent aussi des nerfs de mouvement qui sont distincts des premiers, et que

« A l'égard des animaux qui ont une moelle épinière, dit notre célèbre naturaliste et philosophe Lamarck (1), il part de toutes les parties de leur corps des filets nerveux d'une extrême finesse qui, *sans se diviser ni s'anastomoser*, vont se rendre au foyer des sensations ; quant aux nerfs qui sont destinés au mouvement musculaire, *ils partent vraisemblablement d'un autre foyer*, et constituent, dans le système nerveux, un système particulier distinct de celui des sensations, comme ce dernier l'est du système qui sert aux actes de l'entendement. »

Ces idées théoriques de Lamarck sont devenues les principes de la doctrine de Ch. Bell, doctrine dont la clef se trouve en effet dans ces deux propositions, calquées sur celles qui précèdent : 1° Les nerfs à fonctions différentes émergent de foyers distincts, soit dans la moelle épinière, soit dans l'encéphale. 2° Chaque filet nerveux possède une propriété particulière, indépendante de celle des autres filets voisins, et il la conserve dans tout son trajet.

Dans le passage rapporté plus haut, bien évidemment Boerhaave n'a pas voulu désigner les deux ordres de racines spinales, mais seulement les filets nerveux primitifs appartenant *indifféremment* aux racines antérieures et postérieures. Alex. Walker (2) est le premier physiologiste qui, en 1809, ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des fonctions distinctes à ces deux sortes de racines. Mais, ne s'appuyant sur aucune donnée expérimentale ou pathologique, il s'est mépris sur les usages propres à chacune d'elles: suivant lui, les racines antérieures des nerfs rachidiens et les colonnes antérieures de la moelle transmettent les impressions, tandis que les racines et les colonnes postérieures conduisent le principe des mouvements. — Toujours est-il qu'à Walker revient l'insigne honneur d'avoir tracé la voie aux expériences qui, deux années plus tard, immortalisèrent le nom de Ch. Bell (3).

A. Ch. Bell commence une ère nouvelle et féconde pour l'étude du système nerveux.

La distinction entre les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs, fondée d'abord par cet auteur sur la différence des foyers d'émergence, puis confirmée par l'expérimentation et la pathologie, est une des plus belles découvertes physiologiques des temps modernes. Mais, comme toute vérité d'un ordre supérieur, celle-ci n'a atteint son développement qu'à l'aide d'efforts lents et successifs, et Ch. Bell lui-même n'est point parvenu à établir tous les points de sa doctrine sur des preuves suffisantes.

Ce physiologiste éminent institua, le premier, des expériences sur les racines des nerfs spinaux et sur les faisceaux de la moelle épinière, dans l'idée d'y découvrir le siége distinct de la sensibilité et de la motricité. Il nous apprend « qu'ayant fendu le canal de l'épine sur un lapin récemment mort, il trouva que l'excitation de la partie antérieure de la moelle cause des contractions musculaires *beaucoup plus constamment* que l'excitation de sa partie postérieure; qu'après avoir mis à nu les racines des nerfs spinaux, il coupa les racines postérieures sans déterminer de contractions, tandis qu'en excitant avec la pointe d'un scalpel les racines antérieures, les muscles entrèrent immédiatement en convulsion. »

(1) *Philosophie zoologique*, t. II (1809), p. 260 et suiv.

(2) *Archives of Universal Science*, juillet 1809, t. III, p. 172.

(3) *An Idea of a New Anatomy of the Brain*. London, 1811, dans *Narrative of the Discoveries of sir* CHARLES BELL *in the Nervous System*, by ALEX. SHAW. London, 1839, p. 30 et suiv. Consultez aussi : *Exposition du système naturel des nerfs*, par CH. BELL, trad. franç. de Genest. Paris, 1825.

Les expériences parurent démontrer à Ch. Bell que les racines antérieures des rfs de l'épine, avec la colonne antérieure de la moelle, ont sur le système mus-aire une influence propre à laquelle sont étrangères les racines postérieures. C'est alors, ajoute-t-il, que je compris le but de la double connexion d'un nerf bidien avec la moelle, et que tout nerf exerçant une double influence (sur le uvement et la sensibilité) devait ce privilége à deux racines. »

Nous considérons ces expériences de 1811, faites *sur les racines spinales* à l'aide irritants mécaniques, comme très probantes : le même procédé a été mis en ge, avec les mêmes résultats, par nous-même, sur un grand nombre d'animaux irents. Ne sait-on pas, en effet, que les nerfs moteurs seulement, comme poglosse, le facial, le moteur oculaire commun, etc., séparés de l'encéphale et ls mécaniquement, peuvent susciter des contractions ; tandis que l'irritation anique des nerfs de sensibilité, également isolés, comme les branches de la ion ganglionnaire du trijumeau, par exemple, ne donne lieu à aucune oscilla-de la fibre musculaire ? Ch. Bell a donc eu raison de conclure de ce fait expé-ntal très simple que les racines antérieures exercent sur la contraction du ème musculaire une influence directe à laquelle sont étrangères les racines ériennes ; il confirme d'ailleurs son induction par une autre expérience, dans elle, après la section des seules racines postérieures *sur un lapin vivant*, les des conservèrent entièrement leur myotilité. « Après cette section, dit-il, la leur accompagnant l'opération nous empêcha de juger du degré de sensibilité de rtie où se distribuaient ces racines. » On voit que, sans l'avoir démontré d'une ière absolue, Ch. Bell soupçonne que le rôle des racines postérieures est relatif sensibilité.

Quant aux résultats que cet auteur a obtenus de ses expériences sur la *moelle ière*, ils ne peuvent servir à avancer la solution du problème qui nous occupe, qu'il avoue lui-même avoir provoqué des contractions musculaires en excitant cordons médullaires postérieur et antérieur, sur l'animal mort, et même n'avoir pas été sûr de léser isolément l'un ou l'autre.

nerfs ont des fonctions différentes, suivant qu'ils naissent de telle ou telle partie du cerveau ou de la moelle épinière. » — Quoi qu'il en soit, le doute de Magendie, relativement aux attributions distinctes des deux ordres de racines spinales et à celles des divers faisceaux de la moelle, devait être grand encore, en 1839, à en juger d'après les différentes assertions qu'il a émises (voyez la note ci-dessous) (*).

Jean Müller (1), dont les recherches expérimentales se sont bornées exclusivement aux racines des nerfs spinaux, s'élève contre le choix d'animaux supérieurs, quand il s'agit de démontrer les différences fonctionnelles des deux ordres de racines : « L'animal, prétend-il, périt *infailliblement* avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convaincants. » Ce physiologiste préfère les grenouilles, sur lesquelles il emploie en partie le même mode d'expérimentation que, dès 1811, Ch. Bell avait mis en usage sur des lapins. En effet, J. Müller irrite mécaniquement les racines postérieures, d'abord séparées de la moelle, et, comme Ch. Bell, il n'obtient aucune contraction ; tandis qu'à l'exemple du physiologiste anglais, il observe des secousses convulsives en irritant les bouts libres des racines antérieures préalablement divisées. J. Müller fait de plus observer que, « sur les grenouilles, tant que les deux ordres de racines tiennent encore à la moelle épinière, on peut faire naître des convulsions dans les membres de derrière en soulevant les racines postérieures, attendu que, par là, on exerce des tiraillements sur la moelle elle-même. Mais ces convulsions ne sont pas le fait des racines postérieures ; elles dépendent de la moelle épinière, dont l'excitation se transmet aux muscles par les racines antérieures ou motrices. Aussi, quand on a préalablement coupé les racines antérieures, peut-on irriter la moelle ou les racines postérieures

(*) « Les signes de sensibilité, dit-il en 1822 (*a*), sont *à peine visibles* dans les racines antérieures » ; en 1839 (*b*), « les racines antérieures sont *très sensibles* ».

En 1823 (*c*), « les indices de sensibilité sont *à peine visibles* dans les faisceaux antérieurs de la moelle » ; en 1839 (*d*), ces mêmes faisceaux ont « *une sensibilité très manifeste* ».

En 1822 (*e*), « les racines postérieures paraissent plus *particulièrement* destinées à la sensibilité, tandis que les antérieures semblent plus *spécialement* liées avec le mouvement ». Puis, pour prouver que les racines *antérieures* ne sont point, en effet, étrangères à la transmission des impressions, Magendie cite une observation de Rullier (*f*), dans laquelle il fait servir ces mêmes racines à l'entretien de la sensibilité ; il ajoute (*g*) ailleurs que « le sentiment n'est pas *exclusivement* dans les racines postérieures, *non plus que le mouvement dans les antérieures* ». Ainsi, en d'autres termes, en 1822, les racines antérieures servent à la fois à la sensibilité et au mouvement ; il en est de même des racines postérieures. Mais, en 1839 (*h*), « la section des racines antérieures abolit *tout* mouvement ; la section des racines postérieures abolit *toute* sensibilité ».

En 1823 (*i*), « le faisceau postérieur de la moelle préside *plutôt* à la sensibilité, *tout en influençant le mouvement* » ; et la preuve, « c'est que pour peu qu'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des signes d'une vive douleur *et des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché* ». Quant au faisceau antérieur, « il préside *plutôt* au mouvement ». En 1839 (*j*), tous ces *à peu près* subsistent. — A ces diverses époques, Magendie a toujours expérimenté sur la même espèce animale (*chiens*).

(1) *Nouv. expér. sur l'effet que produit l'irritation mécanique et galvanique sur les racines des nerfs spinaux* (*Annales des sciences nat.*, 1831, t. XXII, p. 95 ; — *Physiologie du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 85 et suiv. ; — *Manuel de physiologie*, trad. du même, Paris, 1845, t. I, p. 559.

(*a*) *Journ. de physiol. expériment.*, t. II, p. 368.
(*b*) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, par Magendie, 1839, t. II, p. 343.
(*c*) *Journ. de physiol.*, 1823, t. III, p. 154.
(*d*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153.
(*e*) *Journ. de physiol.*, t. II, p. 279.
(*f*) *Ibid.*, t. III, p. 188.
(*g*) *Ibid.*, t. II, p. 368.
(*h*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 73.
(*i*) *Journ. de physiol.*, t. III, p. 154.
(*j*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153 et suiv.

encore unies avec elles, sans qu'il se manifeste le moindre vestige de mouvements convulsifs. »

J. Müller a confirmé les résultats obtenus par Ch. Bell et lui-même à l'aide de simples irritants mécaniques, par d'autres expériences exécutées avec le galvanisme. Les effets ont été absolument identiques, c'est-à-dire que les deux sortes de racines étant d'abord détachées de la moelle, l'irritation galvanique des racines antérieures a donné lieu à des secousses convulsives, qui n'ont point éclaté lors de l'excitation des postérieures.

« Enfin, ajoute Müller, que l'on coupe sur une même grenouille, du côté gauche, les trois racines postérieures, et, du côté droit, les trois racines antérieures des nerfs destinés aux pattes de derrière, on trouve que le sentiment est aboli dans la patte gauche et le mouvement dans la patte droite. »

Toutes ces expériences de J. Müller sur les *grenouilles* ont été reproduites avec les mêmes résultats, *à peu près*, par Retzius, Stannius, Panizza, Henle, Mayer, Steinruch, Valentin, etc., et par nous-même.

Mais, de l'aveu de J. Müller, ni lui, ni d'autres expérimentateurs n'étaient arrivés à reproduire des résultats aussi décisifs sur des animaux moins éloignés de notre espèce : « *peut-être*, dit-il, *ne pourra-t-on jamais les obtenir chez les animaux des classes élevées.* »

Or, c'est à lever ce dernier doute qu'ont tendu en partie mes expériences (1), qui, faites dès 1839 dans mes leçons publiques, reproduisent, avec un plein succès, chez des mammifères supérieurs (chiens adultes), des effets que jusqu'alors on n'avait pu encore observer que sur des grenouilles : le reproche tant de fois adressé par les adversaires de Ch. Bell aux expériences exécutées sur des animaux trop inférieurs n'est donc plus admissible.

La portion lombaire du rachis étant ouverte avec les précautions convenables, il m'est facile, après l'incision de la dure-mère, de distinguer les deux sortes de racines dont j'opère la section transversale : ces deux racines étant écartées l'une de l'autre jusqu'au ganglion qui existe sur la postérieure, une languette de taffetas verni, ou mieux une lame de verre reçoit la racine qui doit être galvanisée.

Constamment, dans une première série d'expériences, l'application des deux pôles d'une pile *faible*, à l'extrémité libre d'une racine antérieure, a fait naître des contractions limitées aux muscles qui en recevaient des rameaux ; mais jamais la moindre contraction locale n'a été observée, en appliquant le même mode d'irritation au bout libre d'une racine postérieure. Toutefois, pour qu'une semblable expérience réussisse, il faut bien isoler les deux racines, éloigner suffisamment du ganglion intervertébral les extrémités des rhéophores, et surtout ne pas faire usage d'une pile trop forte ; sans quoi, la stimulation pourrait se transmettre de la racine postérieure à l'antérieure, d'où des contractions quand on agirait sur l'une ou sur l'autre.

Dans une autre série d'expériences, après avoir divisé aussi les deux ordres de racines, j'ai appliqué les deux pôles de la pile à l'extrémité adhérente d'une racine antérieure, sans qu'aucun mouvement se manifestât jamais, soit dans le tronc, soit

(1) LONGET, *Rech. expériment. et pathol. sur les propr. et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens*, précédées d'un examen historique et critique des expériences faites sur ces organes depuis Ch. BELL (Mémoire couronné par l'Académie des sciences de Paris, et inséré dans les *Archives générales de médecine*, mars 1841).

dans le train antérieur des animaux. En agissant de la même manière sur l'extrémité adhérente d'une racine postérieure, toutes les parties du corps étaient immédiatement en proie à une violente agitation due à la douleur.

Dans un travail plus récent (1), qui m'est commun avec Matteucci, et qui sera analysé en parlant de l'action de l'électricité sur le système nerveux en général, on trouvera de nouveaux arguments propres à établir la destination exclusivement motrice des racines antérieures. Nous avons reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère, dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.), dont l'action est à la fois centrifuge et centripète. Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct, et à l'interruption du courant inverse (*).

Les idées de Ch. Bell sur les différences d'usages propres aux deux ordres de racines spinales, sauf de rares opposants, sont universellement admises aujourd'hui. Nul doute, en effet, que les racines antérieures ne soient *motrices* et les postérieures *sensitives ;* il suffit de rappeler (indépendamment des précédentes expériences galvaniques si nettement confirmatives) que la section d'une racine antérieure fait perdre au nerf rachidien correspondant la faculté de transmettre aux muscles les déterminations volontaires, tandis que la section d'une racine postérieure rend tout à fait insensible le nerf rachidien qui lui fait suite, aussi bien que toutes les parties auxquelles il se distribue (**).

Mais trouve-t-on, dans les *propriétés* des deux ordres de racines, des différences aussi tranchées que dans leurs *usages ?* En d'autres termes, les connexions naturelles avec la moelle étant conservées, trouve-t-on, par exemple, que les *racines postérieures* aient le privilége d'être *sensibles*, à l'exclusion des antérieures? Je suis ainsi amené à donner quelques explications à propos de la *sensibilité* dite *récurrente* des racines spinales antérieures. Notons tout d'abord qu'ici l'excitation mécanique est préférable au courant galvanique ; elle donne des effets beaucoup plus nets et plus distincts.

En 1839 (2), admettant que les deux ordres de racines spinales sont sensibles, quoique à des degrés bien différents, je conclus d'expériences faites sur un chien, que toute racine antérieure jouit d'une sensibilité acquise qui réclame l'intégrité de la racine postérieure correspondante, *attendu qu'après la section de cette dernière, la première avait perdu toute sensibilité.* Je communiquai ce résultat à Magendie, dans le laboratoire duquel il fut constaté. Peu de jours après, cet expérimentateur pensa le confirmer en coupant une racine antérieure dont le bout

(1) *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Ann. de chimie et de physique*, 1844, et *Ann. médico-psychologiques*, même année).

(*) Dernièrement ces résultats ont été l'objet de critiques auxquelles nous répondrons dans une autre partie de cet ouvrage.

(**) Pour les effets différents dus à la *section* des deux ordres de racines, consultez surtout les expériences de PANIZZA sur des chevreaux et des grenouilles (*Ricerche sperimentali sopra i nervi*, Pavie, 1834).

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 3 et 10 juin, p. 884 et 949.

iphérique lui parut être sensible, et le bout central insensible; puis, en son n seul, il fit part de ces résultats à l'Académie des sciences (1).

Ainsi la *sensibilité récurrente* serait caractérisée par ce fait que, si l'on coupe, z l'animal vivant, une racine antérieure (la postérieure correspondante restant acte), le bout central ou adhérent à la moelle épinière est insensible, tandis que bout périphérique est sensible : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu après la tion d'une racine postérieure.

Si la sensibilité récurrente des racines spinales antérieures doit être regardée nme un fait réel, il semblerait que je dusse rappeler aujourd'hui, comme en 39, mes droits à sa découverte, puisque, en effet, le premier, je fixai l'attention physiologistes sur cet intéressant phénomène. Mais, depuis lors, dans un nombre z considérable d'expériences, je ne parvins plus à retrouver la sensibilité rograde des racines antérieures, et j'abandonnai mon ancienne manière de r, qui, plus tard, devait être reproduite comme l'expression de la vérité (2). st surtout à Claude Bernard (3) que revient le mérite d'avoir de nouveau mis évidence cette propriété très mobile, et d'avoir bien su apprécier les conditions s lesquelles elle peut se révéler le mieux à l'observateur. Ce physiologiste ne d'ailleurs avoir fait depuis 1839 (notamment de 1841 à 1844) un grand nbre de tentatives sans avoir jamais pu revoir ce qu'une fois j'avais vu moi-ne. Du reste, il en avait été de même de Magendie et d'autres, qui, dans des ériences postérieures à 1839, ne purent plus retrouver la sensibilité récur-te; à tel point qu'on crut que son existence devait être définitivement rejetée, ame je le soutenais alors.

Ce n'est qu'en 1846 que la sensibilité récurrente, découverte par moi sept ées auparavant, fut constatée de nouveau par Cl. Bernard, en se conformant conditions suivantes : 1° de laisser reposer les animaux (chiens) un certain ps après l'ouverture du rachis, pratiquée seulement sur une moitié latérale de olonne vertébrale pour mettre à nu une ou deux racines jusqu'au ganglion; de choisir des animaux jeunes, vigoureux et bien nourris; 3° d'agir de préfé-ce sur les racines antérieures les plus volumineuses; 4° d'éviter surtout les tes de sang très abondantes ou les douleurs trop prolongées.

Quant à la question de savoir d'où vient cette sensibilité qui persiste dans un nt de nerf séparé du centre nerveux, j'avais cru (4) tout d'abord qu'elle procède relations que la racine antérieure entretient, *au niveau du ganglion spinal*, avec racine postérieure correspondante; en d'autres termes, que des filets ou tubes urrents, propres à la racine postérieure, se réfléchissaient dans le voisinage du nglion, et venaient communiquer leur sensibilité à la racine antérieure. Des périences ultérieures (5) tendent à prouver que la communication physiologique nt il s'agit se fait bien plus loin, et peut-être même à la périphérie, puisque la ction d'un tronc rachidien mixte prive la racine antérieure correspondante de sa

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, loc. cit. — LONGET, *Gazette des hôpitaux*, 1839. - *Arch. gén. de méd.*, 1841, *Mém. cit.*

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, 28 juin 1847. — CL. BERNARD, *echerches sur les causes qui peuvent faire varier l'intensité de la sensibilité récurrente* (*même ecueil*, t. XXV, p. 104), et *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, aris, 1858, t. I, p. 25-112.

(3) *Loc. cit.*

(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, séance du 3 juin 1839. — Voy. aussi mon Mémoire inséré dans les *Arch. gén. de méd.*, 1841.

(5) CL. BERNARD, *Leçons cit. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, t. I, p. 28.

sensibilité d'emprunt. Évidemment, ce dernier effet ne devrait pas se produire si les filets de la racine postérieure, auxquels l'antérieure doit sa sensibilité, devenaient rétrogrades au niveau même du ganglion intervertébral.

D'après Schiff (1), qui admet aussi la présence de fibres sensitives rétrogrades, la rétrogradation s'effectue au niveau des plexus nerveux qui existent à la racine de chaque membre. Quand on coupe, dit cet observateur, une racine postérieure au niveau de son ganglion, on constate, au bout d'une ou deux semaines, l'existence de fibres primitives *dégénérées* dans les enveloppes de la racine antérieure correspondante : or, selon Schiff, ces fibres dégénérées ne sont autres que les fibres sensitives rétrogrades provenant de la racine postérieure atrophiée consécutivement à sa section.

Admettant que, dans toute contraction musculaire intense, il y a une cause de douleur, Brown-Séquard (2) s'explique ainsi la sensibilité récurrente : les racines rachidiennes antérieures étant motrices, il est tout simple, dit ce physiologiste, qu'elles causent de la douleur quand on les excite, puisqu'elles provoquent alors une contraction musculaire violente qui elle-même développe de la douleur.

Enfin Gubler (3), envisageant la sensibilité récurrente comme un phénomène de la sensation réflexe, pose en principe : 1° que les centres et les cordons nerveux exodiques et eisodiques forment un tout continu, c'est-à-dire un véritable *circulus* nerveux ; 2° que l'influx nerveux n'est pas le même dans toutes les parties du cercle qu'il parcourt, mais qu'il peut se transformer en passant d'un segment à l'autre de ses conducteurs. De même qu'un courant électrique, entravé dans sa marche, se transforme en chaleur et en lumière, de même aussi un courant nerveux centrifuge, arrivé à l'extrémité d'un rameau moteur, s'y métamorphose en courant centripète revenant par le nerf de sentiment. Or, il existe à la périphérie du corps, tant dans la peau elle-même que dans le tissu cellulaire sous-cutané, des cellules semblables à celles de la *substance grise de la moelle* où le courant sensitif se change en courant moteur : ces cellules, suivant Gubler, serviraient d'intermédiaires entre les filets exodiques et eisodiques; elles représenteraient une sorte de *moelle dissociée et diffuse*, où le courant arrivé par le nerf moteur se transformerait pour revenir au centre et produire cette sensation observée à la suite de l'irritation d'une racine antérieure.

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces diverses théories, puisqu'ici toute sensibilité dépend en réalité de la même source, c'est-à-dire des racines postérieures, la découverte de la *sensibilité récurrente* ne saurait donc, comme on l'a cru à tort, porter aucune atteinte à cette vérité irrévocablement établie : *les racines antérieures sont exclusivement motrices.*

Cette vérité est la seule qui nous importe en ce moment, où notre but est de légitimer et de maintenir la division physiologique des nerfs rachidiens en *moteurs* et en *sensitifs*. L'occasion s'offrira de revenir ailleurs sur les applications qu'on peut faire du phénomène de la sensibilité récurrente pour élucider divers problèmes que présente l'histoire générale du système nerveux.

La doctrine qui admet que les racines spinales postérieures servent seulement à la transmission des impressions au centre nerveux, et les racines antérieures seu-

(1) *Archives de Tubingue*, 1850, p. 133.
(2) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1850, t. II, p. 171.
(3) *Même Recueil*, août 1859. — Id., *Gaz. méd. de Paris*, 1er octobre 1859, p. 628.

ment à la transmission des incitations du mouvement aux muscles, cette doc-
ne, avons-nous dit plus haut, a trouvé de très rares opposants, parmi lesquels
us ne citerons que Bellingeri (1), comme ayant émis une opinion qui lui est
pre. Selon ce physiologiste, les racines postérieures seraient non-seulement
tinées à la sensibilité, mais elles influenceraient encore la contraction des mus-
s extenseurs ; quant aux racines antérieures, elles présideraient uniquement à
contraction des muscles fléchisseurs. — Nous n'avons jamais réussi, pas plus
e d'autres expérimentateurs, à reproduire, chez les animaux, les résultats sur
quels s'est fondé Bellingeri pour soutenir son opinion. Si réellement, comme il
firme, les racines postérieures présidaient aux mouvements d'extension, et les
ines antérieures à ceux de flexion, nous aurions dû provoquer la contraction
s muscles extenseurs en galvanisant les premières, et seulement celle des fléchis-
urs en appliquant le galvanisme aux secondes (*) : la vérité est qu'on n'observe
cun mouvement dans le premier cas, et que, dans le deuxième, on suscite la
ction aussi bien des muscles extenseurs que des muscles fléchisseurs.

II. Si, grâce à l'expérimentation, la science possède des notions certaines sur
attributions différentes des deux ordres de racines spinales, sur le siége dis-
ct de la sensibilité et de la motricité dans ces éléments conducteurs, est-on auto-
é à en dire autant de certaines parties de la *moelle épinière* envisagées de ce
ème point de vue ? en d'autres termes, peut-on reconnaître aussi, dans la moelle,
s agents distincts de transmission pour le principe du sentiment et pour le prin-
pe incitateur des mouvements ?

Cette question devant être reprise plus loin (sous les rapports historique, cri-
que et expérimental), à propos de l'étude spéciale des *fonctions de la moelle épi-
ère*, nous nous bornerons ici à l'exposition des faits les plus importants ; faits
ne nous avons vus et vérifiés par nous-même.

Ch. Bell (2), supposant que les cordons antérieurs de la moelle épinière par-
gent toutes les attributions des racines motrices, et les postérieurs celles des
acines sensitives, expérimenta, le premier, sur ces divers cordons, dans le but de
onstater s'il existait entre eux des différences. Mais les résultats équivoques, qu'il
btint sur l'animal mort (lapin) ne purent guère servir à l'avancement du pro-
lème : Ch. Bell provoqua des contractions musculaires en excitant, soit les cor-
ons médullaires antérieurs, soit les cordons postérieurs, et confessa d'ailleurs
'avoir jamais été bien sûr d'exciter isolément l'un ou l'autre.

Dès lors on vit une foule d'expérimentateurs s'engager dans la voie ouverte par
e physiologiste anglais, chacun avec des méthodes ou des procédés divers : en
ffet, dans les sciences physiologiques, il n'est guère de points qui aient éveillé
lavantage l'esprit d'investigation ; il n'en est guère non plus qui aient donné lieu
à des controverses plus animées, à des expériences plus nombreuses et en même
temps plus contradictoires.

En 1840, l'état de la science était encore tel qu'un des plus dignes représen-

(1) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

(*) Il s'agit ici de l'application du galvanisme aux *bouts périphériques* des racines préalablement divisées.

(2) *An Idea of a new Anatomy of the Brain*. London, 1811.

tants de la physiologie en Allemagne, Jean Müller (1), pouvait dire avec raison: « L'hypothèse de Ch. Bell sur les cordons antérieur et postérieur de la moelle n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique. »

Profondément convaincu que les expériences physiologiques, quand elles sont convenablement exécutées dans les mêmes circonstances, donnent des résultats invariables et qu'elles ne se contredisent jamais, je me proposai, dans un travail datant de cette époque et basé sur un grand nombre d'expériences et aussi d'observations pathologiques (2), de lever les doutes sur les attributions différentes des cordons antérieurs et des cordons postérieurs de la moelle épinière. Grâce aux procédés nouveaux d'expérimentation dont je fis usage, les résultats parurent si démonstratifs, si constants ; ils furent reproduits un si grand nombre de fois devant les témoins les plus compétents et les plus honorables, qu'ils entraînèrent la conviction générale, et que Ch. Bell lui-même voulut bien m'adresser une lettre de remercîments (*) pour l'appui que ces expériences nouvelles donnaient à sa doctrine.

Ayant constaté, comme la plupart des observateurs, que les faisceaux médullaires postérieurs sont très *sensibles*, et, de plus, ayant démontré expérimentalement que les faisceaux antérieurs sont *insensibles par eux-mêmes*, j'ai d'abord fait connaître un caractère différentiel des plus tranchés entre les *propriétés* de ces deux faisceaux (**).

Afin de découvrir d'autres caractères différentiels entre ces mêmes parties, j'eus recours à l'électricité, qu'on n'avait point encore employée dans les conditions suivantes :

Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu la portion lombaire de la moelle et la coupai complétement, en travers, au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments, l'un *caudal*, l'autre *céphalique;* puis, après avoir attendu le temps suffisant pour que les effets d'*action réflexe de la moelle* eussent disparu [et dans ces conditions ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs *adultes* (***)], j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile convenable (c'est-à-dire assez faible) aux faisceaux postérieurs et aux antérieurs du bout caudal de la moelle, comme je l'avais fait déjà aux bouts périphériques des deux ordres de racines, mais avec des précautions encore plus minutieuses.

Or, dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse convulsive ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal; tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière invariable. Ces expériences, dont on trouvera tous les détails dans notre Mémoire cité et dans notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, révèlent donc, entre les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, des dissemblances aussi nettes que celles qui existent entre les deux ordres de racines des nerfs spinaux.

(1) *Physiologie du système nerveux*, trad. franç. par JOURDAN, t. I, p. 354.
(2) *Mém. cit.* (*Arch. génér. de méd.*, 1841).

(*) Cette lettre de CH. BELL, écrite d'Édimbourg, est datée du 24 septembre 1841.

(**) Même en admettant que la *sensibilité récurrente* ne s'arrête pas à la racine antérieure elle-même, et qu'elle se propage jusqu'au faisceau antérieur et à une partie du faisceau latéral, toujours est-il qu'il faut chercher dans le *faisceau postérieur seul* l'origine de cette sensibilité.

(***) C'est là une des raisons qui m'ont fait choisir les *chiens adultes* pour ces sortes d'expériences : les manifestations d'action réflexe cessent beaucoup plus lentement chez les tout jeunes chiens, et, quand elles ont cessé, on les voit bientôt reparaître par le repos.

La stimulation électrique des faisceaux *latéraux* de la moelle (ceux qui sont pris entre les deux ordres de racines) donna lieu à des contractions musculaires sensiblement moindres, dans les membres abdominaux, que celles obtenues r l'excitation des faisceaux *antérieurs;* d'où la probabilité qu'ils pourraient bien ir des usages autres que ces derniers. Du reste, ces faisceaux latéraux, dont les ctions seront discutées seulement à propos de l'étude physiologique de la elle épinière, se sont toujours montrés *insensibles.*

Quant à la *substance grise* de la moelle, j'ai pu la déchirer, l'irriter, la détruire tiellement, sans éveiller jamais, chez les animaux, les moindres signes de dour; cette substance est *insensible.* Elle ne m'a point semblé non plus être direcment *excitable*, c'est-à-dire que, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelque, elle n'a donné lieu à aucune secousse convulsive.

J'ai déjà dit que dans des expériences qui me sont communes avec Matteucci (1), us avions reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de courant diffère dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement teurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc). nsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires lement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant rect*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du urant direct et à l'interruption du courant inverse. Or, il importait de recher-er comment réagiraient, avec le courant inverse ou direct, *les faisceaux antéeurs de la moelle épinière* elle-même. Après avoir coupé celle-ci transversalement au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêit son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et ntérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous us proposions d'agir; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les oints où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons conté que les contractions survenaient (après l'extinction de toute *action réflexe*), ns le train postérieur de l'animal, seulement au commencement du courant nverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines ntérieures spinales. Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expéiences, à démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux antérieurs e la moelle.

Il importe de rappeler que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal le la moelle (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais lonné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du ourant électrique.*

En étudiant autrefois les effets de l'inhalation de l'éther sur le système nerveux (2), je suis parvenu à établir expérimentalement que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge : ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux,

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Annal. de chim. et de phys.*, 1844, et *Annal. méd.-psychol.*, même année).

(2) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les *faisceaux antérieurs* de la moelle, les *racines spinales correspondantes* étaient encore excitables; mais le moment survenait bientôt où l'excitabilité disparaissait successivement des *faisceaux antérieurs*, des *racines antérieures*, des troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux. — Au contraire, j'ai prouvé, que le *principe du sentiment*, chez l'animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale; en d'autres termes, que la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les *racines postérieures* (lombaires, dorsales, cervicales), et de proche en proche dans les *faisceaux postérieurs de la moelle* (lombaire, dorsale, cervicale), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques. Aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

En résumé, mes expériences variées concourent donc toutes à établir que, entre les racines rachidiennes et les faisceaux de la moelle qui leur correspondent, il existe, du moins sous le rapport de *leurs propriétés immédiates*, une similitude incontestable.

Aussi, à s'en tenir à cette proposition qui résulte d'une manière directe des faits observés, notre travail de 1841 n'a-t-il rien perdu de sa signification primitive.

Du reste, pour comprendre tout d'abord combien l'intervention de l'agent électrique est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux *qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal*, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement; tandis que, s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs au point de vue de la contraction des muscles. — Seulement, je crois devoir ajouter que, dans ce genre d'expériences, il importe que la pile soit mise en des mains exercées, et surtout qu'elle soit *très faible;* sinon il arriverait que les parties excitées réagiraient au delà sur des parties voisines, et qu'on aurait simultanément les effets de l'excitation de ces diverses parties, c'est-à-dire des effets mixtes qui introduiraient une cause de perturbation et d'erreur dans les résultats.

Avoir démontré, comme nous venons de le faire, que la moelle se compose: 1° de parties sensibles; 2° de parties insensibles, mais dont la stimulation réagit sur le tissu musculaire et en détermine la contraction; 3° de parties qui n'offrent ni l'un ni l'autre de ces caractères; avoir, dis-je, démontré ces faits, et de plus avoir même dévoilé des *propriétés semblables* dans les racines spinales et dans les faisceaux de la moelle qui leur correspondent respectivement, ce n'est point encore, il faut le reconnaître, avoir prouvé que ces mêmes racines et ces mêmes faisceaux ont aussi des usages ou des *fonctions semblables*. Par conséquent, étant admis ce principe incontestable, à savoir: que les racines postérieures ont pour usage de transmettre les impressions sensitives au centre nerveux, et les racines antérieures de conduire les incitations motrices aux muscles, il reste à déterminer les voies que suivent, dans la moelle épinière elle-même, ces impressions et ces incitations.

Depuis Ch. Bell, de nouveaux faits étant venus s'ajouter aux faits anciens, quel-

e (9), Schiff (10), etc., ont vu, malgré la section des cordons postérieurs, aux rester sensibles aux impressions douloureuses des parties situées au-de la lésion ; parce qu'après cette opération la sensibilité à la douleur y a é plus vive qu'à l'état normal, (Fodera, Schœps, Van Deen, Brown-Séquard, tc.) ; parce qu'enfin des recherches de Bellingeri, confirmées par celles de p d'autres expérimentateurs, il est résulté qu'incontestablement on doit r un pouvoir conducteur à la substance grise de la moelle, fallait-il donc, nce de ces faits que nous avons nous-même vérifiés depuis nos premières ces, déshériter nécessairement les cordons blancs postérieurs de toute sensitive, et leur substituer la substance grise ? Fallait-il affirmer que la sion de *toutes* les impressions se fait, dans la moelle, par cette seule substance lleurs communique aussi avec les fibres des racines postérieures? Nous ne us pas ; notre manière de voir se fonde sur une expérience capitale de 11), que cet habile expérimentateur a souvent reproduite et de laquelle il rendu témoin.

s yeux, les voies de transmission, dans la moelle, sont différentes pour les ions de *douleur* et pour les impressions de *contact* : les premières arrivent phale spécialement par l'entremise de l'axe gris, tandis que les secondes lui nent par la substance blanche des faisceaux postérieurs. Pour le démon-hiff pratique sur la portion *cervicale* de la moelle épinière du lapin deux transversales comprenant les cordons antéro-latéraux et *tout l'axe gris*, de 'entre le segment céphalique de la moelle et son segment caudal, il n'existe utre moyen de communication que les cordons postérieurs. Puis l'animal

medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus, etc. Turin, 1823.
rnal de physiol. expérim. de MAGENDIE, 1823, p. 197 et suiv.
CKEL'S *Archiv*, 1827 ; — et *Journ. complém. des sc. méd.*, t. XXX, p. 114 et suiv., 8.
cherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière des progrès, 1828, t. XI, p. 77).
ber die Function der hinteren und vorderen Stränge des Rückenmarks. — MÜLLER'S

nerfs ont des fonctions différentes, suivant qu'ils naissent de telle ou telle partie du cerveau ou de la moelle épinière. » — Quoi qu'il en soit, le doute de Magendie, relativement aux attributions distinctes des deux ordres de racines spinales et à celles des divers faisceaux de la moelle, devait être grand encore, en 1839, à en juger d'après les différentes assertions qu'il a émises (voyez la note ci-dessous) (*).

Jean Müller (1), dont les recherches expérimentales se sont bornées exclusivement aux racines des nerfs spinaux, s'élève contre le choix d'animaux supérieurs, quand il s'agit de démontrer les différences fonctionnelles des deux ordres de racines : « L'animal, prétend-il, périt *infailliblement* avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convaincants. » Ce physiologiste préfère les grenouilles, sur lesquelles il emploie en partie le même mode d'expérimentation que, dès 1811, Ch. Bell avait mis en usage sur des lapins. En effet, J. Müller irrite mécaniquement les racines postérieures, d'abord séparées de la moelle, et, comme Ch. Bell, il n'obtient aucune contraction ; tandis qu'à l'exemple du physiologiste anglais, il observe des secousses convulsives en irritant les bouts libres des racines antérieures préalablement divisées. J. Müller fait de plus observer que, « sur les grenouilles, tant que les deux ordres de racines tiennent encore à la moelle épinière, on peut faire naître des convulsions dans les membres de derrière en soulevant les racines postérieures, attendu que, par là, on exerce des tiraillements sur la moelle elle-même. Mais ces convulsions ne sont pas le fait des racines postérieures ; elles dépendent de la moelle épinière, dont l'excitation se transmet aux muscles par les racines antérieures ou motrices. Aussi, quand on a préalablement coupé les racines antérieures, peut-on irriter la moelle ou les racines postérieures

(*) « Les signes de sensibilité, dit-il en 1822 (*a*), sont *à peine visibles* dans les racines antérieures » ; en 1839 (*b*), « les racines antérieures sont *très sensibles* ».

En 1823 (*c*), « les indices de sensibilité sont *à peine visibles* dans les faisceaux antérieurs de la moelle » ; en 1839 (*d*), ces mêmes faisceaux ont « *une sensibilité très manifeste* ».

En 1822 (*e*), « les racines postérieures paraissent plus *particulièrement* destinées à la sensibilité, tandis que les antérieures semblent plus *spécialement* liées avec le mouvement ». Puis, pour prouver que les racines *antérieures* ne sont point, en effet, étrangères à la transmission des impressions, Magendie cite une observation de Rullier (*f*), dans laquelle il fait servir ces mêmes racines à l'entretien de la sensibilité ; il ajoute (*g*) ailleurs que « le sentiment n'est pas *exclusivement* dans les racines postérieures, *non plus que le mouvement dans les antérieures* ». Ainsi, en d'autres termes, en 1822, les racines antérieures servent à la fois à la sensibilité et au mouvement ; il en est de même des racines postérieures. Mais, en 1839 (*h*), « la section des racines antérieures abolit *tout* mouvement ; la section des racines postérieures abolit *toute* sensibilité ».

En 1823 (*i*), « le faisceau postérieur de la moelle préside *plutôt* à la sensibilité, *tout en influençant le mouvement* » ; et la preuve, « c'est que pour peu qu'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des signes d'une vive douleur *et des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché* ». Quant au faisceau antérieur, « il préside *plutôt* au mouvement ». En 1839 (*j*), tous ces *à peu près* subsistent. — A ces diverses époques, Magendie a toujours expérimenté sur la même espèce animale (*chiens*).

(1) *Nouv. expér. sur l'effet que produit l'irritation mécanique et galvanique sur les racines des nerfs spinaux* (*Annales des sciences nat.*, 1831, t. XXII, p. 95 ; — *Physiologie du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 85 et suiv. ; — *Manuel de physiologie*, trad. du même, Paris, 1845, t. I, p. 559.

(*a*) *Journ. de physiol. expériment.*, t. II, p. 368.
(*b*) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, par Magendie, 1839, t. II, p. 343.
(*c*) *Journ. de physiol.*, 1823, t. III, p. 154.
(*d*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153.
(*e*) *Journ. de physiol.*, t. II, p. 279.
(*f*) *Ibid.*, t. III, p. 188.
(*g*) *Ibid.*, t. II, p. 368.
(*h*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 73.
(*i*) *Journ. de physiol.*, t. III, p. 154.
(*j*) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153 et suiv.

La *motricité* (*) est l'attribut exclusif des premiers ; la *sensibilité* est l'attribut
clusif des seconds. La sensibilité et la motricité ont donc un siége distinct aussi
n dans la moelle épinière que dans les racines spinales.

Ces faits primitifs du système de Ch. Bell demeurent irrévocablement établis, et
s sommes heureux d'avoir concouru autrefois à leur démonstration.

Quant à la substance grise de la moelle, qui n'a ni sensibilité ni motricité, nous
s prouvé que, tout en lui accordant un pouvoir conducteur sous le double
port de la *transmission* des impressions et de la transmission des ordres de la
onté, on ne saurait déshériter ni les faisceaux postérieurs de tout rapport avec
perceptions, ni les faisceaux antérieurs de tout rapport avec la volition.

Par conséquent, si, d'un côté, il y aurait de l'exagération à regarder, avec
Bell, les cordons blancs antérieurs comme le tronc commun des racines motrices,
s cordons postérieurs comme celui des racines sensitives ; évidemment, d'un
e côté, il y aurait aussi exagération et erreur à soutenir que l'axe gris de la
elle, à cause de ses connexions intimes avec les deux ordres de racines, repré-
e l'agent essentiel ou l'unique conducteur de la volonté aux muscles et des
ressions au cerveau. — La vérité est que, pour l'accomplissement normal et
plet de la sensibilité ou des mouvements volontaires, il faut le conflit et l'action
ultanée de la substance grise et des cordons blancs postérieurs et antérieurs de
oelle épinière.

Division physiologique du système nerveux des Animaux invertébrés.

S'il est incontestable que, dans la moelle épinière et les racines spinales des ani-
x vertébrés, les appareils nerveux de la sensibilité soient distincts de ceux de
motricité, une question s'offre naturellement à tout esprit philosophique : c'est
e de savoir si la nature maintient une pareille distinction dans les animaux des
ses inférieures, doués des facultés de sentir et de se mouvoir.

Mais, avant d'essayer de résoudre, à l'aide de l'expérimentation, une question
si intéressante, il importerait de discuter celle de la *signification* à donner au

deux systèmes, et n'hésitent point à faire spécialement de la chaîne ganglionnaire des *articulés* l'analogue de l'appareil cérébro-spinal des animaux supérieurs; que selon Meckel (1), Walther (2), Dugès (3) et Leuret (4), etc., le système nerveux des invertébrés n'est pas seulement l'analogue du système cérébro-spinal, mais qu'il tient, par ses usages et sa structure, à la fois du système cérébro-spinal et du grand sympathique des vertébrés; que, d'après Weber (5), et Serres (6), il faudrait assimiler les ganglions des animaux sans vertèbres aux ganglions que l'on rencontre sur certains nerfs cérébro-rachidiens (*racines spinales postérieures, trijumeau*, etc.) des animaux supérieurs ; qu'enfin, pour Treviranus (7), les renflements ganglionnaires des invertébrés représentent non-seulement ces derniers ganglions, mais encore la moelle épinière.

C'est l'opinion de ceux qui assimilent l'appareil nerveux des invertébrés à la fois au système cérébro-spinal et au grand sympathique des animaux supérieurs, que, selon nous, il faut embrasser comme la seule vraie et la seule qui s'appuie d'arguments plausibles.

On sait qu'il existe, d'une manière évidente, chez beaucoup d'invertébrés, indépendamment de la chaîne ganglionnaire principale, un second appareil nerveux destiné exclusivement aux organes de la vie végétative, et offrant aussi sur son trajet plusieurs petits ganglions. Découvert, chez les insectes, par Swammerdam (8), décrit avec plus de détails par Lyonnet (9), Meckel (10), Brandt (11), etc., signalé pour la première fois, chez les crustacés, par Milne Edwards et Audouin (12), cet appareil est, en partie, connu sous le nom de *nerf récurrent*. Son analogie avec le grand sympathique, déjà signalée par Meckel et Treviranus, a été surtout mise hors de doute par Müller (13). « Le nerf indiqué par Lyonnet, dit-il, n'est que l'expression la plus simple d'un système nerveux spécial, dont les formes complexes ont été étudiées par moi chez les insectes de presque tous les ordres. Dans son état d'entier développement, il naît du cerveau par des racines déliées, et, marchant le long de la face dorsale de l'œsophage, entre ce conduit et le cœur, il va gagner l'estomac, où il produit un plexus particulier, qui tire son origine d'un ganglion assez volumineux. Sous cette forme sa partie stomacale ou centrale est toujours plus forte que sa partie supérieure, qui tient au cerveau par des filets émanés de renflements plus petits. Du reste, le tronc qui court à la surface du canal intestinal offre certaines diversités : tantôt il est simple et impair en se rendant à

(1) *Handbuch der menschlichen Anat.* Halle, 1815, t. I, p. 341. — MECKEL'S *Arch.*, 1815, t. I, p. 11.

(2) WALTHER'S *Physiol.*, t. II, § 563.

(3) *Physiol. comp.*, t. I, p. 79 et 81. Montpellier, 1838.

(4) *Anat. comp. du syst. nerv., considéré dans ses rapports avec l'intelligence.* Paris, 1839, t. I, p. 46.

(5) *Anatom. comp. nervi sympathici.* Lipsiæ, 1817, p. 95.

(6) *Anatom. comp. du cerveau.* Paris, 1827, t. I, p. 254, 400 et 508 ; t. II, p. 45.

(7) *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XVIII, p. 250.

(8) *Historia insect. in certas classes redacta, nec non exemplis et anatomico variorum animalculorum examine*, etc. Leyde, 1737 et 1738.

(9) *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois du saule*, in-4°, chap. VI. La Haye, 1740.

(10) *Ouvr. cit.*

(11) *Mém. de l'Acad. des sc. de Saint-Pétersbourg*, 3. — *Annales des sc. nat.*, 2e série, 1836, t. V, p. 81.

(12) *Mém. sur le syst. nerv. des Crustacés* (*Ann. des sc. natur.*, 1re série, t. XIV, p. 77).

(13) *Ueber ein eigenthümliches dem nervus sympathicus analoges Nervensystem der Eingeweide bei den Insecten* (*Nova Acta phys. med. nat. curios.* 1828, t. XIV, p. 71).

que, il n'est pas non plus permis de se refuser, d'après les faits qui sui-
econnaître une analogie manifeste entre la chaîne ganglionnaire des arti-
ganglions céphaliques ou cérébroïdes exceptés) et la moelle épinière des
appartenant aux classes supérieures.

lumineuse d'appliquer sa doctrine au système nerveux des animaux inver-
s'offrit que fort tard à l'esprit de Ch. Bell. C'est seulement en 1833 qu'il
uniqua à G. Newport (2), en l'engageant à faire un examen anatomique
rofondi de la chaîne ganglionnaire des animaux articulés, dans le but de
i, comme la moelle des vertébrés, cette chaîne n'offrirait pas un cordon
sensibilité et un autre pour le mouvement.

plusieurs dissections minutieuses, Newport parvint à démontrer distinc-
sur l'*Astacus marinus*, l'existence des faisceaux séparés que la théorie avait
voir. Cet anatomiste prouva, en effet, que l'axe nerveux dans l'*Astacus*
consiste, de chaque côté, en deux cordons longitudinaux et superposés,
les faisceaux moteur et sensitif de la moelle épinière des vertébrés. C'est
nt sur le trajet de l'*inférieur* que l'on trouve des ganglions, au-dessus
le *supérieur* ne fait que passer. Enfin, Newport avance que, parmi les
iginels des nerfs, les uns se continuent avec le cordon muni de ganglions,
que les autres proviennent de celui qui en est dépourvu. Cette découverte,
nait de faire dans les crustacés, se confirma dans les arachnides (*Scorpio*
) et dans les insectes (*Scolopendra morsitans*, Linn., *carabus*, id.,
ligustri, id.).

rès les résultats fournis par ses dissections, Newport, imité par Grant (3),
n'ayant pas tenté des expériences propres à établir son opinion, admet
ns les articulés, le cordon supérieur est destiné au mouvement, et que
ur ou ganglionnaire préside à la sensibilité.

, contrairement à ce qui s'observe chez les vertébrés, le faisceau moteur
périeur, et le faisceau sensitif ou ganglionnaire lui serait sous-jacent, ce

mité organique (p. 95 et 96), Dugès établit une preuve de plus sur la situation du vitellus dans l'œuf; il est en rapport avec ce qu'on nomme le ventre chez le vertébré, avec ce qu'on appelle le dos chez l'invertébré.

Valentin (1), ayant repris sur l'*Astacus fluviatilis* les recherches de Newport et les ayant trouvées conformes à la vérité, entreprit sur cette espèce quelques expériences, dans le but de vérifier la prévision physiologique de l'anatomiste anglais.

Ayant moi-même répété des observations microscopiques sur l'arrangement des cordons de la chaîne nerveuse des crustacés, je reconnus l'exactitude des faits de texture signalés par ces deux auteurs, et je trouvai une particularité qui fixa beaucoup mon attention : une petite nodosité, comparable aux ganglions spinaux des vertébrés, se trouvait seulement sur l'une des deux paires nerveuses émergées des renflements ganglionnaires ; seraient-ce là les seules racines analogues aux racines sensitives des animaux des classes supérieures ?

Je vais exposer brièvement les résultats des expériences que j'ai exécutées sur le *Palinurus quadricornis*. Dans ces expériences, j'ai voulu appliquer la même méthode dont j'avais fait usage chez les vertébrés : ainsi, ayant fendu supérieurement l'enveloppe calcaire, j'enlevai en partie les muscles sous-jacents, de manière à mettre d'abord à nu la portion abdominale de la chaîne ganglionnaire. Alors furent irrités successivement, — les racines nerveuses, — les faisceaux interganglionnaires et les ganglions.

A. *Racines nerveuses.* — On sait que *trois* racines existent de chaque côté d'un ganglion ou d'un espace interganglionnaire : en excitant mécaniquement celle qui sort manifestement du faisceau supérieur, l'animal, quoique très vif encore, ne parut pas souffrir, et des contractions locales très évidentes éclatèrent; en agissant sur les deux autres, j'observai aussi quelques secousses convulsives locales, mais bien moins apparentes ; de plus, l'animal donna des signes de douleur. Toutefois, n'ayant pas reproduit assez souvent cette épreuve, je n'oserais rien affirmer sur la constance d'un phénomène dont la manifestation peut avoir dépendu d'une simple coïncidence entre le moment de l'irritation et celui où l'animal mutilé semblait en effet souffrir.

Remarquons néanmoins que c'est sur l'une de ces deux racines que nous avons aperçu un petit renflement, peut-être assimilable à celui de chaque racine sensitive des vertébrés : du reste, il m'a été impossible, à cause de leur juxtaposition intime, dans cet articulé, d'opérer isolément sur chacune d'elles.

B. *Faisceaux interganglionnaires et ganglions.* — Toutes les fois qu'avec une lancette j'ai piqué un des ganglions, l'animal, pour témoigner sa douleur, s'est débattu et a agité sa queue avec violence ; ceux-ci sont donc très sensibles. Puis, j'ai pratiqué, dans la région indiquée, la section transversale des faisceaux interganglionnaires, de manière à former un bout *caudal* ou un bout *céphalique :* la langouste a bondi avec force ; la douleur avait évidemment été fort vive. Alors, comme dans les animaux plus élevés, je pus observer l'immobilité de toute la partie postérieure à la section, ce qui n'est guère en rapport avec l'opinion des physiologistes qui croient que, surtout chez les invertébrés, les ganglions secondaires fonctionnent indépendamment les uns des autres, et même indépendamment des ganglions principaux ou céphaliques : la force nerveuse motrice chemine donc aussi de l'extrémité céphalique à l'extrémité caudale, comme dans les animaux su-

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*, p. 7 et sq. Berne, 1839.

rieurs. En irritant la face supérieure du bout caudal, des contractions, quoique pires, eurent lieu d'une manière évidente, tandis que je n'ai pu en déter- iner aucune par l'excitation de sa face inférieure ou ganglionnaire (*).

Ces expériences tendent donc à établir que, comme dans les animaux supé- eurs, les appareils nerveux de la sensibilité sont, dans les articulés, distincts de ux du mouvement. Quoique la même distinction existe probablement dans les llusques, on comprend que les preuves en soient plus difficiles à établir, à cause la configuration particulière de leur système nerveux (**).

Si, en outre, on s'appuie des faits anatomiques et physiologiques qui précèdent, doit rejeter assurément toute analogie *exclusive* entre l'axe nerveux des inver- rés et les ganglions intervertébraux, ou le grand sympathique : au contraire, ne nerveux, avec les nerfs qui en émanent, représente à la fois la moelle, les fs rachidiens, et même le grand sympathique, qui toutefois, chez beaucoup vertébrés, est distinct de la principale chaîne ganglionnaire.

Quant aux ganglions céphaliques ou cérébroïdes des animaux inférieurs, et cialement des articulés, il est évident qu'ils constituent le centre principal de pareil nerveux, et que, sous le rapport de la sensibilité et du mouvement, ils ctionnent, sauf quelques différences, à la manière de l'encéphale des vertébrés, quel ils doivent être assimilés.

Récemment, E. Faivre (1) et Yersin (2) ont fait, à ce sujet, d'intéressantes expé- ces, le premier sur des *dytiques*, et le second sur des *grillons*.

B. — Division physiologique des nerfs crâniens.

Puisqu'il n'est plus permis de révoquer en doute, chez les animaux supérieurs, égitimité de la division des nerfs rachidiens en moteurs et en sensitifs, il im- te de rechercher si une distinction analogue est applicable aux nerfs crâniens.

Les résultats auxquels nous ont conduit nos investigations anatomiques et expé- mentales sur ces derniers nous autorisent à les diviser en trois classes :

Dans la première, se rangent les nerfs de sensations spéciales : l'*olfactif*, l'*op-*

commun, le *pathétique*, le *masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), le *moteur oculaire externe*, le *moteur tympanique* (*), le *facial*, le *spinal* et le *grand hypoglosse*.

Les nerfs de ces deux dernières classes offrent seuls des analogies avec les deux sortes de racines spinales; quant à ceux de la première, ils ont des propriétés spéciales qui seront exposées dans une autre partie de cet ouvrage.

Nerfs crâniens sensitifs. — Ces nerfs de notre deuxième classe (*portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique), émergent du prolongement encéphalique du faisceau postérieur de la moelle, faisceau qui lui-même offre des relations avec toutes les racines spinales *sensitives* ou postérieures.

On n'a point oublié, 1° que le pincement de ces racines est douloureux ; 2° que leur section abolit seulement la sensibilité des parties où elles envoient des filets; 3° que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, à leurs *bouts périphériques*, ne suscite aucune contraction musculaire; 4° que chaque racine postérieure est pourvue d'un ganglion.

Or : 1° Le pincement des trois nerfs précédents provoque de la douleur. — 2° La section intracrânienne de la portion ganglionnaire des *trijumeaux* fait perdre la sensibilité, non-seulement à la peau qui recouvre le segment antérieur de la tête, c'est-à-dire la face, mais encore aux diverses membranes muqueuses qui revêtent le globe oculaire, les paupières, les fosses nasales, les sinus frontaux, maxillaires, etc., les lèvres, les gencives, les joues, la voûte palatine, la portion horizontale du voile du palais, et enfin les deux tiers antérieurs de la langue ; les dents peuvent être arrachées sans douleur : la section des *glosso-pharyngiens* rend insensible la muqueuse des piliers du voile du palais, du tiers postérieur de la langue, celle des amygdales et d'une partie du pharynx : la section des *pneumogastriques* abolit le sentiment dans les membranes muqueuses du larynx, de la trachée, des bronches, de l'œsophage et de l'estomac (**). — 3° Sur le chien, j'ai galvanisé, dans le crâne, la portion ganglionnaire du trijumeau, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale ; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée : sur le cheval et le chien, après avoir isolé, avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf spinal (accessoire de Willis), les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué le galvanisme à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. — 4° Le trijumeau est pourvu d'un ganglion appelé *semi-lunaire* ou de *Gasser;* le glosso-pharyngien en offre un autre que l'on nomme *ganglion d'Andersh;* enfin, celui que le pneumogastrique présente aussi, au niveau du trou déchiré postérieur, ne porte point de nom spécial.

Tout ce qui caractérise *essentiellement* les racines postérieures, reconnues nerfs de sensibilité générale, s'applique donc aux *portions ganglionnaires* de ces trois

(*) Je continue à appeler ainsi un petit nerf (*nerf de Wrisberg*) que je suppose faire mouvoir les muscles de l'oreille moyenne et fournir la racine motrice du ganglion otique, comme le nerf moteur oculaire commun fait mouvoir la plupart des muscles de l'œil et fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique : c'est à ce point de vue qu'il m'a paru mériter le nom de *nerf moteur tympanique*.

(**) Ajoutons que la *sensibilité gustative* disparaît dans les deux tiers antérieurs de la langue quand on coupe la cinquième paire, et dans le tiers postérieur de cet organe quand on divise le glosso-pharyngien.

est tout à fait dans le même cas, puisqu'il s'anastomose avec le rameau du spinal et avec un rameau du nerf facial (*nerf moteur*). — Quant au un pareil mélange est loin d'exister d'une manière aussi intime, au nglion de Gasser, entre ses deux racines, dont la plus petite ou motrice our ainsi dire, un nerf à part, a quelques relations avec la branche inférieure, mais n'en offre aucune avec les branches ophthalmique et supérieure, autres divisions du nerf trijumeau.

section attentive permet de reconnaître que tout ganglion placé sur le e racine spinale postérieure communique par l'entremise de filets plus longs avec un ganglion du grand sympathique : nous retrouvons cette ité dans les trois nerfs crâniens sensitifs ; car, à l'aide de son rameau , le ganglion cervical supérieur communique avec les ganglions de Gasser, , et aussi avec le ganglion du pneumogastrique.

its anatomiques et physiologiques qui précèdent, il résulte que les *por-glionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique tre rangées à côté des racines spinales postérieures (*nerfs sensitifs rachi-* t que la qualification de *nerfs mixtes*, qu'on voudrait donner aux portions naires de ces nerfs, serait tout aussi fautive que si on l'appliquait aux pinales postérieures, abstraction faite de leurs anastomoses ultérieures (*). est point encore le lieu d'examiner quelle peut être l'influence de ces trois r la nutrition et les sécrétions des organes auxquels ils se distribuent.

crâniens moteurs. — Ces nerfs de notre troisième classe, au nombre (moteur oculaire commun, pathétique, masticateur (1), moteur oculaire moteur tympanique, facial, spinal et grand hypoglosse), s'aperçoivent tous olongement crânien du faisceau antéro-latéral de la moelle, faisceau d'où nt procéder, dans le rachis, les racines spinales *motrices* ou antérieures. besoin de rappeler qu'ici nous n'entendons parler que de l'*émergence exté-*

nique, le masticateur et le pathétique, procèdent aussi d'arrière en avant du faisceau latéral (*), qui se recourbe *en partie* au-dessous des tubercules quadrijumeaux.

Le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe* président à la contraction des sept muscles de la cavité orbitaire ; le *nerf masticateur* anime tous ceux qui meuvent la mâchoire inférieure, excepté le génio-hyoïdien ; les filets du *facial* excitent la contraction dans tous les muscles sous-cutanés de la face, du cou, etc. ; l'*hypoglosse* tient sous sa dépendance les muscles de la langue, quelques-uns de ceux de la région sus-hyoïdienne, et, après s'être anastomosé avec la branche descendante interne du plexus cervical, il envoie des rameaux moteurs à tous les muscles de la région sous-hyoïdienne ; enfin, le spinal anime le sterno-cléido-mastoïdien, le trapèze, et de plus les muscles du larynx, du pharynx, etc.

Aucun de ces nerfs ne se ramifie dans les membranes tégumentaires.

On se rappelle, 1° que l'excitation mécanique des racines spinales antérieures (les racines postérieures correspondantes étant coupées) ne donne pas lieu à la moindre douleur ; 2° que leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets ; 3° que le galvanisme appliqué à leurs *bouts périphériques* provoque des contractions musculaires très apparentes.

1° Excepté le facial, le moteur tympanique et le masticateur, j'ai pu, sur l'animal vivant, irriter mécaniquement, *à leur origine*, les autres nerfs crâniens moteurs et je les ai trouvés insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes. Par analogie, je suppose qu'il en est de même du masticateur, et du facial qui paraît insensible à la face après la section de la cinquième paire dans le crâne. Je n'ai aucun doute, d'après mes expériences, sur l'insensibilité du nerf spinal (accessoire de Willis) à l'arrachement avec un crochet disposé pour cet usage ; mais, depuis Cl. Bernard (1) a reconnu que ce nerf jouit d'une *sensibilité récurrente* empruntée à la racine postérieure de la deuxième paire cervicale. J'ai pu, en expérimentant sur le spinal, agir sur les racines de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien : ses racines m'ont toujours paru insensibles. La partie délicate de cette expérience consiste à éviter la lésion du bulbe.

2° La section ou l'altération morbide d'un des nerfs précédents ne manque jamais d'anéantir complétement l'action volontaire des muscles qui en reçoivent leurs rameaux.

3° Aussitôt que la division d'un de ces nerfs a été pratiquée, vient-on à appliquer les deux pôles d'une pile au bout séparé de l'encéphale, on voit brusquement éclater des contractions musculaires, limitées à l'endroit de répartition du nerf galvanisé.

Chaque racine spinale antérieure communique, à l'aide d'un filet, avec un ganglion du grand sympathique ; ce filet doit être regardé comme la *racine motrice* du ganglion. — Le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique ; et, selon nous, du facial et du moteur tympanique émanent les racines motrices des ganglions sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire. De plus, le nerf spinal, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun et le moteur oculaire externe, communiquent soit avec le ganglion cervical supérieur, soit avec son rameau carotidien.

(*) Le *nerf pathétique*, en particulier, sort de cette portion du faisceau latéral décrite par Tiedemann, et qui, une fois émergée de la protubérance, se dirige au-dessous des tubercules quadrijumeaux postérieurs. L'origine réelle de ce nerf est assurément plus profonde.

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux*. Paris, 1858, t. I, p. 31.

Assurément, voilà des caractères analogiques assez importants et assez nombreux pour permettre d'assimiler tous les nerfs précédents aux racines spinales antérieures qui sont exclusivement en rapport avec l'exercice du mouvement.

En terminant ce parallèle des deux ordres de nerfs, crâniens et rachidiens, il nous reste à insister sur une remarque des plus importantes : si les nerfs de sensibilité générale et ceux du mouvement sont bien distincts dans leur trajet à l'intérieur du crâne ou du canal vertébral, au contraire, une fois émergés de ces cavités, ils s'unissent sous une enveloppe commune et constituent des nerfs *mixtes*. — Il résulte d'une pareille disposition que chaque tronc rachidien, avec ses rameaux, participe à la fois des caractères propres à l'une et à l'autre racine, c'est-à-dire que, directement excité, il donne lieu en même temps à de la douleur et à des contractions locales ; il en résulte surtout que certains nerfs crâniens, par exemple, offrent des propriétés totalement différentes, suivant le point de leur trajet qu'on explore. Ainsi, le nerf hypoglosse, avant son passage dans le trou condylien antérieur, nous a paru entièrement insensible chez le chien ; tandis que, au-dessus de la grande corne de l'hyoïde, il jouit d'une sensibilité assez vive qui lui est évidemment communiquée par des filets sensitifs venus de la première anse du plexus cervical. Il en est de même du facial, dont la stimulation n'est douloureuse qu'autant que ses anastomoses avec le trijumeau sont demeurées intactes. Les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, une fois anastomosées avec le spinal et le facial, peuvent, lorsqu'on les irrite au-dessous du trou déchiré postérieur, provoquer dans le larynx, le pharynx, les muscles du voile du palais, etc., des contractions très manifestes qui n'ont jamais lieu quand on agit avec précaution sur les portions ganglionnaires de ces nerfs avant leur sortie du crâne, et avant toute union avec les deux derniers nerfs moteurs indiqués.

Cette association de filets de divers ordres a été une source d'erreurs pour beaucoup d'anatomistes et de physiologistes, qui ont accordé à tort à un même cordon [illegible] un pouvoir sensitivo-moteur dû, en réalité, à l'intervention de deux nerfs

démontrer que la portion ganglionnaire du trijumeau, qui s'anastomose avec tous les nerfs moteurs crâniens, le spinal excepté, est tout à fait inapte à provoquer des contractions de la face, du globe de l'œil, de la langue, etc., quoiqu'elle fournisse des filets aux muscles de ces parties : il n'y a donc, je le répète, que les nerfs réellement moteurs dans lesquels on rencontre une pareille aptitude.

En résumé, les faits les plus exacts et les mieux observés établissent cette vérité fondamentale en physiologie :

A leur conjugaison avec l'axe cérébro-spinal, les nerfs du mouvement (rachidiens ou crâniens) *sont aussi distincts des nerfs du sentiment qu'à leur abouchement au cœur des vertébrés les vaisseaux à sang rouge sont distincts des vaisseaux à sang noir.*

C. — Division physiologique de l'encéphale considéré dans ses rapports avec la sensibilité, la motricité et l'intelligence.

Si la précédente distinction entre les cordons nerveux est invariablement établie, si elle n'est pas moins réelle entre les faisceaux de la moelle épinière, sous le rapport de la sensibilité et de la motricité, est-on parvenu, à l'aide des expériences et aussi des observations pathologiques, à établir cette même distinction dans l'encéphale ?

Il semblerait qu'une physiologie positive du cordon rachidien, envisagé comme conducteur des mouvements et des impressions, dût singulièrement éclairer les investigateurs dans leurs recherches anatomo-physiologiques et même pathologiques sur l'encéphale : car la moelle peut être regardée comme un organe fondamental dont les divers faisceaux, de plus en plus renforcés, rayonnent dans les ganglions encéphaliques ; et dès lors, si l'on admet que, concurremment avec la substance grise, les faisceaux blancs postérieurs transmettent les impressions, et les antérieurs le principe des mouvements volontaires, n'est-il pas rationnel de supposer qu'en poursuivant isolément ces faisceaux médullaires dans l'encéphale, on devrait parvenir à trouver le centre duquel émane ce principe, et aussi le foyer élaborateur vers lequel convergent les impressions ? Formulé de la sorte, le problème physiologique qui nous occupe pourrait paraître facile, et se réduire à une question de texture dont un œil habile devrait donner tôt ou tard une solution satisfaisante.

Mais c'est précisément d'une certaine uniformité dans la constitution anatomique de chaque ganglion encéphalique que provient, en partie, l'embarras du physiologiste.

En effet, l'anatomie démontre que chaque renflement de l'encéphale est pourvu, indépendamment de la substance grise, de fibres de deux ordres, les unes motrices, les autres sensitives, envoyées par la moelle, ou du moins semblant faire suite aux fibres médullaires ; et la pathologie humaine, confirmant ces données, vient aussi démontrer que la lésion d'un de ces renflements, quel qu'il soit, peut déterminer la perte ou des troubles variés du mouvement, l'abolition ou la perturbation de la sensibilité. A cause de la similitude dans les phénomènes, on conçoit donc déjà toutes les difficultés qui doivent s'offrir lorsqu'il s'agit d'arriver, à l'aide de faits pathologiques, à la détermination d'un foyer central pour la sensibilité ou pour les mouvements.

Quant aux vivisections, quelle sagacité d'observation, et quelle sage réserve

dans les inductions n'exigent-elles pas ici de la part de celui qui s'y livre ! Enlevez-vous complétement les lobes cérébraux d'un oiseau, vous le voyez encore marcher, voler; il peut même vivre pendant plusieurs mois (1). Si vous touchez sa conjonctive, il détourne la tête; si vous pincez sa patte, il la retire, etc. : faut-il en conclure que le cerveau proprement dit est étranger à la sensibilité et au mouvement? Si l'on pratique l'ablation des lobes cérébraux et du corps strié, chez un lapin, la station et la progression sont encore faciles, et, en lui étreignant une partie sensible du corps, on lui arrache des cris: la conclusion doit-elle encore être la même ? De plus, sur les précédents animaux, retranchez-vous le cervelet, la sensibilité est loin de disparaître, et les mouvements, quoique désordonnés, se produisent encore. Ni le cervelet, ni le cerveau ne seraient-ils donc des centres de mouvement ou de sensibilité ?

Et pourtant, chez l'homme, comme nous en faisions la remarque plus haut, des paralysies absolues du mouvement volontaire peuvent s'observer aussi bien avec les lésions du cerveau proprement dit qu'avec celles du cervelet; et quand l'un ou l'autre est malade, la sensibilité elle-même peut être plus ou moins gravement compromise.

C'est ici le lieu d'avouer que, si, dans nos études sur la moelle épinière et sur les cordons nerveux, les données expérimentales et pathologiques se sont en général prêté un mutuel appui, elles ont paru trop souvent se contredire, quand il s'est agi de l'encéphale. On pourra donc facilement reconnaître, par la suite, que plusieurs conclusions relatives aux fonctions de cet organe, et rigoureusement déduites d'expériences décisives sur les animaux, ne semblent pas toujours applicables à l'homme qui a le cerveau le plus parfait: mais, pour s'expliquer ces différences et ce désaccord, peut-être seulement apparent, entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, on n'oubliera pas que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; qu'il existe de plus chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux : d'où il résulte que le plus ordinairement une de ces parties ne saurait être altérée sans que les fonctions des autres en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Par conséquent, en admettant que l'encéphale soit un grand tout composé d'une foule de parties dont chacune accomplirait un acte spécial, on comprendra qu'aux yeux des plus sages observateurs, la pathologie n'ait réellement fourni que des arguments peu plausibles en faveur des localisations cérébrales, même les plus larges, proposées jusqu'à présent. Si, ne tenant compte que des faits favorables à une hypothèse, et négligeant ceux qui lui sont opposés, quelques esprits moins exacts ont pensé autrement, on pourra encore s'expliquer ces dissidences en se rappelant que la pathologie cérébrale est si riche de faits qu'elle n'en refuse à aucun système: tout ce qu'on veut y voir on l'y trouve, tout ce qu'on lui demande elle le donne; suivant la manière dont on l'interroge, elle conduit à l'erreur, au doute ou à la vérité.

Dans un pareil état de choses, efforçons-nous néanmoins de rechercher les éléments que peuvent apporter à la solution du problème important dont il s'agit les expériences sur les animaux; et sachons profiter des avantages que, chez eux, une

(1) FLOURENS, *Rech. expériment. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 87.

solidarité moindre des parties encéphaliques entre elles offre à nos investigations, en n'oubliant pas qu'en effet certains résultats ne devront être appliqués à l'homme lui-même qu'avec une extrême réserve.

Mais, avant de tenter des expériences sur l'encéphale des animaux vivants, il importe, pour obtenir des résultats comparables, d'être bien fixé sur les parties de la masse encéphalique qui, dans les diverses classes de vertébrés, se correspondent et remplissent des fonctions analogues.

Quelques considérations anatomiques, d'ailleurs très succinctes et ayant trait seulement à des points litigieux de la comparaison de l'encéphale des vertébrés, nous paraissent donc devoir précéder ici nos recherches physiologiques.

Les *lobes cérébraux* (cerveau proprement dit), le *cervelet*, les *tubercules quadrijumeaux* ou *bijumeaux*, la *moelle allongée*, telles sont les parties fondamentales qui, diversifiées dans leur forme, leur volume relatif, leur division, et même leur structure intime, constituent l'encéphale des animaux supérieurs.

Lobes cérébraux. — Chez les poissons, les lobes cérébraux, tout à fait rudimentaires, ont été l'objet de discussions relatives à leur détermination et même à leur existence; et encore aujourd'hui, les anatomistes sont loin d'être d'accord sur la portion de l'encéphale qu'on doit considérer, dans cette classe, comme le *cerveau proprement dit.*

D'après Tiedemann (1), les éminences pleines et solides que l'on rencontre immédiatement au-devant des *lobes optiques* (tubercules quadrijumeaux des mammifères) chez les poissons osseux, seraient les analogues des corps striés, et non des lobes cérébraux, dont le premier rudiment ne commencerait à paraître que chez les poissons cartilagineux. Arsaky (2) veut, au contraire, que les précédentes éminences correspondent au cerveau proprement dit des mammifères: son opinion est partagée par Serres (3), et par Carus (4), qui appelle ces éminences *première masse cérébrale.* Enfin, selon d'autres anatomistes, on devrait appeler lobes ou hémisphères cérébraux, chez les poissons, les renflements ganglionnaires situés au-devant du cervelet, renflements que l'on a désignés depuis sous le nom de *lobes optiques.*

Pour des raisons anatomiques que nous avons développées dans un autre de nos ouvrages (*ouvr. cit.*), nous croyons devoir adopter la détermination d'Arsaky, et assimiler aux lobes cérébraux des animaux plus élevés, les ganglions situés immédiatement au-devant des lobes dits optiques, en faisant d'ailleurs abstraction des lobes olfactifs qui sont placés à la partie tout à fait antérieure de la masse encéphalique.

Chez les reptiles, la détermination des lobes cérébraux, lobes qui déjà l'emportent en volume sur les autres ganglions encéphaliques, ne saurait laisser aucun doute : dans leur cavité intérieure existe un renflement fort analogue à ce qu'on nomme *corps strié* dans le cerveau des mammifères.

De Blainville (5) regarde les lobes cérébraux des oiseaux comme constitués par

(1) *Anatomie du cerveau*, trad. de Jourdan, p. 240.
(2) *De piscium cerebro et medulla spinali.* Halle, 1813.
(3) *Anat. comp. du cerv., etc.* Paris, 1827, t. II, p. 516 et suiv.
(4) *Anat. comp.*, trad. franç., t. I, p. 67. — Carus range les lobes olfactifs dans la *première masse cérébrale.*
(5) *Leçons orales.*

les corps striés, et de plus par une partie correspondant aux circonvolutions qui existent, chez quelques mammifères, au fond de la scissure de Sylvius, et qui sont désignées sous le nom d'*insula* de Reil. Pour de Blainville, ces lobes ne sont donc point les analogues de toute la masse hémisphérique de l'homme ou des mammifères supérieurs, et ce physiologiste célèbre s'explique de la sorte certaines différences dans les résultats obtenus de la mutilation comparée de ces organes chez les oiseaux et chez les mammifères.

Cervelet. — Dans la plupart des poissons, le cervelet est celui des ganglions encéphaliques le plus facile à reconnaître : il est situé immédiatement derrière les lobes optiques. Toutefois, dans certaines espèces, on rencontre dans son voisinage d'autres renflements avec lesquels il faudrait bien se garder de le confondre. C'est ainsi que dans la carpe, le misgurn, par exemple, on aperçoit, au-dessous et en arrière du cervelet, un second ganglion impair avoisiné par deux renflements latéraux destinés à l'origine des nerfs branchiaux, et assimilés à tort par quelques anatomistes aux hémisphères cérébelleux des mammifères; que chez la torpille, il existe un volumineux ganglion (*lobe électrique* de Matteucci) en relation avec les nerfs qui se distribuent à l'appareil électrique; que dans les trigles, on voit derrière le cervelet autant de renflements globuleux et grisâtres que de doigts libres au-devant de leur nageoire humérale.

Chez certains reptiles, tels que le crapaud, la grenouille, le lézard, la salamandre terrestre, la couleuvre, le menobranchus, l'amphisbène, etc., le cervelet est tellement rudimentaire, que son existence a pu être révoquée en doute; mais il existe réellement, et consiste en une simple bandelette médullaire située en travers du quatrième ventricule. Si, au contraire, le cervelet forme, chez la tortue et le crocodile, une masse globuleuse égale et même supérieure en volume à l'un des lobes optiques, il faut prendre garde d'en faire dépendre d'autres ganglions qui, selon Carus (1), sont situés au-dessous de lui, des deux côtés du quatrième ventricule et à l'origine du nerf acoustique.

Le cervelet des oiseaux ne paraît correspondre qu'au lobe médian du cervelet des mammifères, et manque de vraies masses latérales; il est seulement pourvu quelquefois de deux petits appendices latéraux, déjà visibles chez les squales et les crocodiles, et qui doivent être assimilés aux lobes des nerfs pneumogastriques ou *touffes* de Reil, et non aux hémisphères cérébelleux des mammifères. Sa communication avec la partie supérieure de la moelle a lieu par deux ordres de fibres : les unes, s'enfonçant transversalement dans la substance grise de cette partie, y forment une commissure diffuse dont le pont de Varole n'est qu'un développement; les autres viennent directement des faisceaux médullaires.

Quant au cervelet des mammifères, il diffère de celui des poissons, des reptiles et des oiseaux, en ce que, outre les petits appendices latéraux (touffes lamineuses de Reil), et le lobe médian, il présente deux masses latérales dont le volume et les subdivisions en lamelles s'accroissent à mesure qu'on se rapproche davantage de l'homme. Les acquisitions que le cervelet a faites, dans la classe des mammifères, se rattachent d'une manière intime à l'apparition du pont de Varole, qui n'existait point dans les classes précédentes (si ce n'est à l'état rudimentaire chez les oiseaux), et qu'on doit regarder comme une commissure inférieure des hémisphères du cervelet.

(1) *Anat. comp.*, trad. franç. Paris, 1835, t. I, p. 81.

Tubercules quadrijumeaux, bijumeaux, ou lobes optiques. — L'homme est de tous les animaux vertébrés celui qui présente les tubercules quadrijumeaux à leur minimum de développement relatif, de sorte qu'on peut avancer que le volume de ces éminences est en raison inverse de celui du cerveau et du cervelet.

La détermination des tubercules quadrijumeaux (lobes optiques), dans les poissons, offre des difficultés assez grandes pour que l'opinion des anatomistes ait singulièrement varié à ce sujet. Au-devant du cervelet on rencontre deux éminences lisses, globuleuses ou ovalaires, qui varient selon les espèces, et qui sont séparées l'une de l'autre par un sillon longitudinal. Collins (1), Alexandre Monro (2), Camper (3), Ebel (4), Cuvier (5), etc., les ont prises pour les hémisphères cérébraux; Haller (6) et Vicq d'Azyr (7), pour les couches optiques. Scarpa (8) appelle ces éminences tantôt *tubercula majora cerebri*, tantôt *corpora* ou *tubercula olivaria*, et ne s'explique pas sur leur nature. Arsaky (9) les nomme *tubercula optica*, tout en les considérant comme les analogues des tubercules quadrijumeaux. Cette dernière opinion est adoptée par Carus (10) et par Tiedemann (11).

Les éminences dont il s'agit ne sont point les hémisphères du cerveau ; ceux-ci sont placés plus en avant. On ne saurait non plus voir en elles les couches optiques, attendu que ces couches n'offrent jamais de cavité dans leur intérieur. Les éminences qui nous occupent renferment au contraire, le plus souvent, une cavité spacieuse, dans laquelle on trouve plusieurs ganglions assimilés à tort aux véritables tubercules quadrijumeaux : cette cavité existe aussi dans les mammifères, aux premiers temps de la vie fœtale. Étant situées au-devant du cervelet, elles ressemblent parfaitement, sous ce rapport, aux tubercules quadrijumeaux des autres vertébrés : d'ailleurs elles naissent aussi sur le prolongement de ces cordons de la moelle qui s'incurvent de dehors en dedans, au-devant du cervelet, et interceptent d'abord un espace communiquant avec le prolongement antérieur du quatrième ventricule. Composées de substance blanche et de substance grise, elles sont d'autant plus volumineuses, que les nerfs optiques et les yeux offrent un volume plus considérable. A l'état frais, on peut suivre, sur leur partie interne et supérieure, une des racines du nerf optique, et, à leur partie interne et inférieure, une seconde racine du même nerf. En rapport de volume avec les yeux, elles sont inégalement développées chez les pleuronectes, qui ont les organes visuels d'inégal volume (Gottsche) (12).

Dans la classe des reptiles, situés entre le cervelet et les lobes cérébraux, les tubercules quadrijumeaux (*lobes optiques* ou *bijumeaux* de quelques auteurs) offrent un volume, contrairement à ce qu'on observe dans les poissons osseux, qui est toujours moindre que celui des hémisphères du cerveau. Deux racines du nerf

(1) *System of Anatomy*, etc. Londres, 1685, t. II.
(2) *The Struct. and Physiol. of Fishes*. Edimbourg, 1783.
(3) Tomes I et II de ses *Opuscules*.—Et *Mém. de l'Académie des sciences, Savants étrangers*, t. VI, p. 1774.
(4) *Observ. nevrolog.* tab. 2, 3, 4.
(5) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 166.
(6) *Opera minora*, t. III, p. 198.
(7) *Mém. de l'Acad. des sciences. Sav. étrang.*, t. VII, 1776.
(8) *Anat. disquis. de auditu et olfactu*. Pavie, 1789.
(9) *Dissert. de piscium cerebro et medulla spinali*. p. 23. Halle, 1811.
(10) *Anat. comp.*, trad. de Jourdan. Paris, 1835, t. I, p. 69.
(11) *Ouvr. cit.*, p. 204.
(12) *Vergleichende Anatomie des Gehirns der Grœtenfische* (*Archives für Anatomie*, etc., von J. MÜLLER, Berlin, 1835).

optique s'aperçoivent à leur surface, l'une en dedans et en haut, l'autre en dehors et en bas. Quand on les a incisés, ils offrent une cavité centrale lisse à l'intérieur dans les tortues, les serpents et les lézards : celle d'un tubercule communique avec la cavité du tubercule opposé. Dans tous les ordres de reptiles, outre les tubercules bijumeaux, que plusieurs anatomistes regardent à tort comme les analogues des couches optiques de l'homme et des mammifères, on remarque, plus en avant, une paire de ganglions peu volumineux et correspondant aux couches optiques du cerveau humain. Quelques-unes des racines des nerfs visuels s'implantent également sur cette paire de ganglions. En examinant l'encéphale de plusieurs grands reptiles (*caret*, etc.), Tiedemann (1) y a découvert, après l'avoir fait macérer dans l'alcool, des fibres médullaires qui, naissant des cordons latéraux de la moelle, se répandaient dans les parois creuses des éminences bigéminées : or l'ensemble des fibres précédentes n'était autre chose que le ruban de Reil, aboutissant, chez l'homme et les mammifères, aux tubercules quadrijumeaux ; ce qui démontre, selon Tiedemann, que les éminences en question correspondent réellement à ces tubercules. D'ailleurs, leur volume est en raison directe de celui des yeux et des nerfs optiques ; de sorte que cet anatomiste les a trouvées plus considérables chez les lézards et le dragon que dans les chéloniens. Elles ressemblent encore aux tubercules quadrijumeaux du fœtus humain durant les premiers mois, en ce sens qu'elles ne sont pas réunies, comme cela a lieu déjà chez les oiseaux, mais au contraire séparées dans toute leur longueur, et que les bords de leurs parois recourbées sur elles-mêmes se touchent seulement sans adhérer ensemble d'une manière intime.

Les anatomistes ont beaucoup discuté sur la question de savoir si l'encéphale des oiseaux possède ou non des parties analogues aux tubercules quadrijumeaux de l'homme et des mammifères. « *In volucribus*, dit Willis (2), *nates et testes omnino desunt*. » Si l'on prend le terme de tubercules quadrijumeaux dans son acception rigoureuse, Willis avait eu raison de nier leur existence chez les oiseaux. Mais Gall (3), Carus (4), Tiedemann (5), etc., ont démontré que cet organe encéphalique se retrouve dans la classe précédente, avec une forme et des rapports différents de ceux qu'on lui connaît chez l'homme et les mammifères parvenus à l'âge adulte.

Au-devant du cervelet, au-dessous et en arrière des lobes dits cérébraux, sont deux corps globuleux, grisâtres dans la plus grande partie de leur étendue, et comme implantés sur la partie externe et supérieure de la moelle épinière. Ces corps sont les tubercules bijumeaux (*lobes optiques* de quelques auteurs) : leur masse est formée de substance grise ; ils reçoivent des fibres blanches venant de la moelle, et fournissent aux nerfs visuels une double racine.

Collins (6), Haller (7), Vicq d'Azyr (8), Ebel (9), Cuvier (10), etc., les ont assimilés aux couches optiques des vertébrés supérieurs.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 202.
(2) *Cerebri anat.*, cap. II, p. 19. Amsterdam, 1683.
(3) *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1810, t. I, p. 83, 87.
(4) *Versuch einer Darstellung des Nervensystems.* Leipzig, 1815.
(5) *Ouvr. cit.*, trad. de Jourdan, p. 199.
(6) *A system of Anatomy, relating of the Body of Man, Beasts, Birds, Insects and Plants.* Londres, 1685, t. II.
(7) *De cerebro avium* (*Opera min.*, t. III, p. 191).
(8) *Hist. de l'Académie des sciences de Paris*, ann. 1783.
(9) *Observ. nevrol.*, tab. I, fig. 12, 13.
(10) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 161 et suiv.

Gall (1) est le premier qui les ait regardés comme les analogues des *nates* ou de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux. Cette opinion a été adoptée plus tard par Carus (2) et par Cuvier lui-même (3). « Ce que les anatomistes ont nommé *couches optiques* dans les oiseaux, dit Cuvier, n'est autre chose que les *nates* eux-mêmes. Les vraies couches optiques sont en avant, avec leur troisième ventricule, leurs pédicules de la glande pinéale, les deux commissures à la place ordinaire; en un mot, semblables en tout à celles des quadrupèdes, à la grandeur relative près. Les prétendues couches optiques sont au contraire entre la commissure postérieure et la vulve de Vieussens, l'aqueduc de Sylvius passe entre cette classe. Nous avons vérifié cette remarque importante; elle ne souffre pas de réplique. Or, comme les tubercules en question donnent évidemment naissance aux nerfs optiques dans les oiseaux, ils confirment l'origine qu'on donne à ces nerfs dans les mammifères et dans l'homme, au lieu de l'infirmer. »

Tiedemann adopte l'opinion de Gall avec une restriction : il considère les masses globuleuses, signalées plus haut, comme ne répondant pas seulement aux *nates*, mais à la masse entière des tubercules quadrijumeaux. Les arguments sur lesquels s'appuie cette manière de voir, que nous adoptons, sont les suivants :

1° Les prétendues couches optiques des oiseaux (*tubercules bijumeaux*) correspondent manifestement, quant à leur situation, aux tubercules quadrijumeaux, tels qu'on les observe dans le fœtus de l'homme; on les aperçoit tout à fait à découvert, circonstance qui se retrouve aussi dans ce dernier jusqu'au cinquième mois. 2° Elles sont très volumineuses, bigéminées, arrondies et lisses, comme dans le fœtus des premiers temps de la grossesse. 3° Elles contiennent une cavité (*) qui communique avec l'aqueduc de Sylvius, comme dans le fœtus. 4° Elles sont formées par des fibres médullaires qui s'élèvent des parties latérales de la moelle, se renversent de dehors en dedans, et s'unissent ensemble par le moyen d'une lamelle médullaire fort mince; une couche de substance grise se trouve mêlée avec ces fibres médullaires. 5° Enfin on aperçoit, immédiatement au-devant de ces éminences, deux petits renflements situés sur les pédoncules cérébraux, unis par une commissure, et entre lesquels existe le troisième ventricule. Ces derniers renflements sont donc les analogues de ceux auxquels on donne le nom de *couches optiques*, dans l'homme et les mammifères.

Ajoutons que le volume des tubercules bijumeaux chez les oiseaux, comme chez les poissons et les reptiles, est en rapport avec celui des nerfs optiques; et qu'il n'existe, au contraire, ni dans les oiseaux, ni dans les autres vertébrés, aucun rapport de développement entre ces nerfs et les renflements désignés sous le nom de couches optiques.

Quant aux tubercules quadrijumeaux des mammifères, ils présentent, à la vérité, dans les divers ordres de cette classe, quelques différences dignes de remarque, mais sur lesquelles nous ne devons point insister en ce moment, puisque la détermination de ces organes ne saurait laisser aucun doute.

(1) *Loc. cit.*

(2) *Anat. comp.* trad. de Jourdan, t. I, p. 87.

(3) Rapport à l'Institut sur un Mémoire de MM. Gall et Spurzheim, relatif à l'anatomie du cerveau, dans *Biblioth. méd.*, 1808, t. XXI, p. 41 et 42.

(*) Elles ont un ventricule dans les oiseaux, où le sens de la vue est le plus exalté, comme les lobes olfactifs dans les mammifères, où c'est le sens de l'odorat qui l'emporte sur les autres. (Vicq d'Azyr, *loc. cit.*)

Moelle allongée. — Il importe de faire observer tout d'abord que cette dénomination n'est qu'une expression vague que l'on a conservée, sans savoir précisément ce que l'on voulait désigner, et dont chacun a étendu ou restreint la signification ; de sorte que, le même mot ne s'appliquant plus aux mêmes objets dans les divers écrivains, il en résulte une grande confusion pour l'étude.

Ainsi quelques anatomistes comprennent dans la *moelle allongée*, le bulbe, la protubérance, les pédoncules, les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques, les corps striés, en un mot, tout ce qui n'est pas cerveau ou cervelet. Haller appelle *moelle allongée* seulement le bulbe rachidien ; tandis que d'autres auteurs nomment ainsi la réunion du bulbe, de la protubérance, des pédoncules cérébraux et cérébelleux, c'est-à-dire toutes les parties blanches ou médullaires que l'on trouve à la base de l'encéphale.

On comprendra facilement combien est défectueuse, au point de vue anatomique, la qualification de *moelle allongée*, appliquée exclusivement à certaines parties de l'encéphale, quand on saura que la moelle épinière s'allonge ou se prolonge, à l'aide de formations nouvelles, aussi bien dans le cerveau et le cervelet et dans les autres dépendances encéphaliques.

Malgré le vice d'une pareille dénomination, nous croyons devoir la conserver, comme ayant cours dans la science, en prévenant le lecteur que nous ne l'appliquerons qu'au *bulbe rachidien* et à la *protubérance* (mésocéphale) des mammifères ou à ce qui tient lieu de cette dernière chez les autres vertébrés. — Mais, comme les fonctions de l'un sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, nous ne penserons point, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant ont manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait concourir le rôle de la *moelle allongée*, alors qu'il ne se sera agi que de celui de l'une des parties constituantes, du *bulbe* ou organe premier moteur du mécanisme respiratoire (1).

Les animaux dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux manquent des fibres transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom [illegible] *de Varole*, et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébel-

nique, le masticateur et le pathétique, procèdent aussi d'arrière en avant du faisceau latéral (*), qui se recourbe *en partie* au-dessous des tubercules quadrijumeaux.

Le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe* président à la contraction des sept muscles de la cavité orbitaire ; le *nerf masticateur* anime tous ceux qui meuvent la mâchoire inférieure, excepté le génio-hyoïdien ; les filets du *facial* excitent la contraction dans tous les muscles sous-cutanés de la face, du cou, etc. ; l'*hypoglosse* tient sous sa dépendance les muscles de la langue, quelques-uns de ceux de la région sus-hyoïdienne, et, après s'être anastomosé avec la branche descendante interne du plexus cervical, il envoie des rameaux moteurs à tous les muscles de la région sous-hyoïdienne ; enfin, le spinal anime le sterno-cléido-mastoïdien, le trapèze, et de plus les muscles du larynx, du pharynx, etc.

Aucun de ces nerfs ne se ramifie dans les membranes tégumentaires.

On se rappelle, 1° que l'excitation mécanique des racines spinales antérieures (les racines postérieures correspondantes étant coupées) ne donne pas lieu à la moindre douleur ; 2° que leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets ; 3° que le galvanisme appliqué à leurs *bouts périphériques* provoque des contractions musculaires très apparentes.

1° Excepté le facial, le moteur tympanique et le masticateur, j'ai pu, sur l'animal vivant, irriter mécaniquement, *à leur origine*, les autres nerfs crâniens moteurs, et je les ai trouvés insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes. Par analogie, je suppose qu'il en est de même du masticateur, et du facial qui paraît insensible à la face après la section de la cinquième paire dans le crâne. Je n'avais aucun doute, d'après mes expériences, sur l'insensibilité du nerf spinal (accessoire de Willis) à l'arrachement avec un crochet disposé pour cet usage ; mais, depuis, Cl. Bernard (1) a reconnu que ce nerf jouit d'une *sensibilité récurrente* empruntée à la racine postérieure de la deuxième paire cervicale. J'ai pu, en expérimentant sur le spinal, agir sur les racines de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien : ses racines m'ont toujours paru insensibles. La partie délicate de cette expérience consiste à éviter la lésion du bulbe.

2° La section ou l'altération morbide d'un des nerfs précédents ne manque jamais d'anéantir complétement l'action volontaire des muscles qui en reçoivent leurs rameaux.

3° Aussitôt que la division d'un de ces nerfs a été pratiquée, vient-on à appliquer les deux pôles d'une pile au bout séparé de l'encéphale, on voit brusquement éclater des contractions musculaires, limitées à l'endroit de répartition du nerf galvanisé.

Chaque racine spinale antérieure communique, à l'aide d'un filet, avec un ganglion du grand sympathique ; ce filet doit être regardé comme la *racine motrice* du ganglion. — Le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique ; et, selon nous, du facial et du moteur tympanique émanent les racines motrices des ganglions sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire. De plus, le nerf spinal, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun et le moteur oculaire externe, communiquent soit avec le ganglion cervical supérieur, soit avec son rameau carotidien.

(*) Le *nerf pathétique*, en particulier, sort de cette portion du faisceau latéral décrite par Tiedemann, et qui, une fois émergée de la protubérance, se dirige au-dessous des tubercules quadrijumeaux postérieurs. L'origine réelle de ce nerf est assurément plus profonde.

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux*. Paris, 1858, t. I, p. 31.

faire passer des courants électriques en divers sens, sans parvenir jamais à mettre en jeu la contractilité musculaire : même résultat négatif en dirigeant les mêmes agents sur la substance grise ou corticale des lobes cérébraux.

Des expériences analogues sur les deux substances du cervelet, sur les couches optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute sur l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influence d'irritations artificielles et immédiates.

Si quelques expérimentateurs, Haller, Zinn (1), etc., ont vu survenir des mouvements convulsifs en blessant la substance médullaire, soit des lobes cérébraux, soit du cervelet, c'est qu'évidemment, comme le prouve le récit de la plupart de leurs expériences, ils lésaient en même temps la moelle allongée dont la stimulation peut provoquer, en effet, des contractions musculaires.

Du reste, Lorry (2) avait déjà parfaitement relevé cette erreur en établissant, à l'aide de ses propres expériences, les mêmes résultats négatifs que j'ai mentionnés plus haut, et qui, après lui, ont été confirmés par les expériences de Flourens (3), de Hertwig (4), etc., et par les nôtres (5). En effet, Lorry (*loc. cit.*) dit : « La seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui m'ait paru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la moelle allongée. *C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres parties*, etc. »

Est-il besoin de rappeler que, sous la dénomination de *moelle allongée*, Lorry entend désigner ici le bulbe, la protubérance et les tubercules quadrijumeaux?

L'excitation de la surface de ces derniers tubercules, et même de leur substance grise dénudée, n'a occasionné dans mes expériences aucune réaction musculaire : il m'a toujours fallu pénétrer assez avant et jusqu'aux fibres médullaires pour obtenir des contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort des animaux, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens que les mouvements généraux suscités par la douleur ne viennent plus s'associer aux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, chez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule que l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rappelle que le faisceau antéro-latéral de la moelle, doué de motricité, a des connexions intimes avec les tubercules quadrijumeaux ; mais ils tendent surtout à démontrer que, dans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre de la stimulation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tubercules, et non de celle de leur substance propre.

Quant à la protubérance annulaire, l'excitation directe de ses fibres transverses superficielles (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions appréciables ; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance, toutes les fois, par exemple, que les extrémités des rhéophores ont été plongées assez profondément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de cet organe.

(1) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal.* Lausanne, 1756, t. I, p. 201 et suiv., expér. 138, 139, 140 et suiv., et expér. 151 et 152, § 5, p. 207 et 208.

(2) *Mémoires de l'Acad. des sc. Savants étrangers*, 1760, t. III, p. 370.

(3) *Rech. expériment. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv., etc.*, 2e édit., p. 20 et suiv.

(4) *Experimenta quædam de effectibus lesionum in partibus encephali.* Berlin, 1826.

(5) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 613, 734.

Le bulbe rachidien n'est excitable que dans ses deux tiers antérieurs. Cependant je dois faire observer qu'en expérimentant, immédiatement après la mort, sur son tiers postérieur, on peut déterminer de légères contractions; mais ces contractions, qu'on doit rapporter au pouvoir réflexe, cessent bientôt; tandis qu'elles continuent de se montrer avec une grande énergie si l'on stimule la région antérieure du bulbe. Opère-t-on, chez l'animal vivant, sur la région postérieure très sensible de cet organe, on observe alors des mouvements généraux de réaction contre la douleur, que d'ailleurs il sera facile de ne pas confondre avec les secousses convulsives involontaires dues à l'excitabilité.

L'excitabilité des pédoncules cérébraux, dans leur étage inférieur, ne saurait être révoquée en doute : toutefois elle ne se manifeste qu'à certaines conditions, et disparaît avec une grande rapidité, comme j'ai eu occasion de le constater dans des expériences électro-physiologiques dont les résultats seront *exposés plus tard.*

Il paraît résulter de ce qui précède que le *bulbe*, la *protubérance* ou mésocéphale, les *tubercules quadrijumeaux* et les *pédoncules cérébraux* ne sont excitables que dans les points de leur épaisseur qui sont parcourus par des fibres faisant suite aux faisceaux latéro-antérieurs de la moelle, eux-mêmes excitables au niveau de cet organe.

Mais dès lors, comment expliquer le défaut d'excitabilité des couches optiques, des corps striés, des lobes cérébraux et du cervelet, puisque l'anatomie démontre que ces mêmes faisceaux les parcourent et s'y épanouissent ? — Des différences aussi tranchées dans les propriétés des divers ganglions de l'encéphale, qui pourtant présentent une pareille analogie dans leur constitution anatomique, ne tiendraient-elles point à ce que ces derniers ganglions ne rempliraient plus, comme les premiers, le rôle de conducteurs, mais bien celui d'organes élaborateurs du principe du mouvement ?

Quoi qu'il en soit, on se tromperait étrangement, si, généralisant ce que l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les affections morbides des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques ou des corps striés, chez l'homme, tout doive se passer nécessairement comme dans les expériences. En effet, dans les affections aiguës ou chroniques de ces organes, on voit, au contraire, survenir fréquemment des convulsions partielles, des phénomènes épileptiformes ; et nous avons relaté ailleurs (*ouvr. cit.*, t. I) des cas assez nombreux où, après des lésions traumatiques des lobes cérébraux ou du cervelet, par exemple, les blessés n'ont offert consécutivement d'autres accidents que des attaques d'épilepsie. Pour expliquer l'invasion des phénomènes convulsifs, non-seulement dans ces cas, mais encore dans les précédents, l'induction expérimentale porte à supposer, — ou bien que, chez l'homme, les maladies peuvent faire surgir au sein des organes indiqués des irritations telles qu'un stimulus artificiel et immédiat ne saurait en produire (comme, du reste, les maladies développent de la douleur dans des organes qui paraissent insensibles à nos moyens ordinaires d'irritation), — ou plutôt encore à admettre qu'alors les parties réellement excitables de l'encéphale humain se trouvent stimulées sympathiquement, en vertu de cette solidarité et de ce consensus auxquels nous avons déjà fait allusion.

2° *Parties sensibles de l'encéphale.*

Les ganglions encéphaliques dont la stimulation artificielle et immédiate peut

donner lieu, chez l'animal, à toutes les manifestations ordinaires de la souffrance, ne représentent qu'une bien faible portion de l'encéphale ; et chose digne de remarque, que les expériences sur les animaux vivants pouvaient seules révéler, l'insensibilité absolue se retrouve dans les régions non excitables de cet organe, et la propriété de sentir les impressions directes se rencontre seulement dans les parties qui possèdent l'excitabilité ou la *motricité*. Toutefois empressons-nous de dire que, dans ces dernières parties, il paraît exister un siége distinct pour ces deux propriétés.

Aristote (1) et Galien (2) avaient déjà avancé que la substance du *cerveau* peut être touchée sans occasionner de la douleur. André Dulaurens (3), en rappelant leur assertion, affirme qu'il l'a souvent vérifiée dans ses expériences : « *Vulneratum enim cerebrum*, dit-il, *nihil sentit, quamvis acuto specillo ejus substantiam premas, aut de eadem aliquid detrahas, quod ego sæpius observavi.* » Cortesi (4) partage la même opinion. « La substance du cerveau, dit Lorry (5), est absolument insensible. J'ai fait souvent différentes tentatives pour irriter, et sa substance corticale, et sa substance médullaire, soit avec des liqueurs irritantes, soit avec des instruments tranchants ou contondants, mais inutilement. » Lecat (6) est arrivé au même résultat négatif.

Aujourd'hui, presque tous les expérimentateurs s'accordent à reconnaître qu'on peut diviser par couches les lobes cérébraux sans produire la moindre apparence de douleur chez l'animal.

Cependant Haller (7) avait émis une opinion opposée. Il avoue franchement (8) qu'il n'a pas assez varié ses expériences pour pouvoir marquer avec précision la différence qu'il peut y avoir entre les blessures des différentes parties du cerveau, mais pourtant il les croit suffisantes pour prouver que la partie médullaire de cet organe est *extrêmement sensible*. En lisant le récit des expériences de Haller, on peut se convaincre facilement que ce grand physiologiste n'est arrivé à une pareille conclusion que parce qu'il lésait des parties étrangères aux lobes cérébraux. La lésion, dit-il, de la substance corticale (expér. 137, 146) fut faite sans que l'animal s'en aperçût. Cependant (expér. 148) il ajoute « qu'ayant percé lentement et légèrement la substance corticale avec une sonde, un chevreau ne laissa pas que de faire entendre des cris pitoyables. « Puis, son opinion définitive (p. 205) est que « la substance corticale ne paraît pas fort sensible. » Haller (*Elem. phys.*, t. IV, p. 313) cite Kaaw-Boerhaave, Thomson, Ridley, Drelincourt, Swammerdam, Zinn, etc., comme ayant aussi démontré l'extrême sensibilité de la substance médullaire des lobes cérébraux.

De nos jours, Serres (9) a adopté le sentiment de Haller : « Toutes les fois, dit-il, que l'on plonge un instrument à une certaine profondeur, soit dans les

(1) *De partibus animalium*, lib. II, cap. VII.
(2) *De causis symptomatum*, lib. I, cap. VIII ; lib. III.
(3) *Historia anatomica humani corporis et singularum ejus partium*. In-folio, p. 519. Paris, 1600.
(4) *In librum Hippocratis de vulneribus capitis commentarius*. Messine, 1632, p. 49.
(5) *Mém. de l'Acad. des sc. Savants étrangers*. 1760, t. III, p. 352.
(6) *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs*. Berlin, 1765, p. 290.
(7) *Elementa physiol.*, t. IV, lib. X, § 20, p. 312. Voy. surtout les *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*. Lausanne, 1756, t. I. Expér. 134 et suiv.
(8) *Mém. cités*, t. I, p. 198.
(9) *Anat. comp. du cerveau*. Paris, 1827, t. II, p. 662.

lobes cérébraux, soit dans le cervelet, une douleur vive se manifeste. » Serres ajoute que, chez les oiseaux, les lobes cérébraux et le cervelet sont beaucoup moins sensibles que chez les mammifères, et que *toutes* les expériences d'après lesquelles on préjuge l'insensibilité des lobes cérébraux ont été faites sur des oiseaux.

Cette dernière assertion n'est pas justifiée, puisque Lorry (*Mém. cit.*), Lecat (1) et Flourens (*ouvr. cit*, p. 19) ont exécuté une partie de leurs expériences sur des chiens.

Nos propres expériences ont été faites sur des chiens, des chats, des chevreaux, des lapins, et enfin sur des pigeons. Nous les avons reproduites dans nos cours un grand nombre de fois, et constamment, chez tous ces animaux, nous avons trouvé la substance corticale et la substance médullaire des lobes cérébraux complétement insensibles à toute espèce d'irritations mécaniques ou chimiques. A nos yeux, c'est là une vérité expérimentale des mieux établies.

On a coutume de citer, à l'appui de cette vérité, les nombreuses observations de lésions traumatiques de la tête, dans lesquelles les chirurgiens ont pu toucher le cerveau de l'homme, ou même en enlever des portions, sans provoquer aucun signe de douleur ; mais il faut convenir que, dans la plupart de ces cas, l'attouchement ou l'ablation a porté sur de la substance cérébrale désorganisée.

Il est à présumer néanmoins que le cerveau de l'homme est, comme celui des mammifères, insensible aux lésions mécaniques.

Haller et Zinn (2) n'ont pratiqué qu'un bien petit nombre d'expériences sur le *cervelet*, et ne se sont pas prononcés sur la question de savoir si cet organe est sensible ou non. Probablement qu'ils le supposaient sensible, d'après leurs essais sur les lobes cérébraux : quant à Pourfour du Petit (3), Saucerotte (4), etc., ils ont pensé qu'il en était ainsi, et que les lésions du cervelet donnaient à tout le corps une vivacité de sentiment extraordinaire. Flourens (5), Bouillaud (6), Hertwig (7), etc., ont au contraire démontré l'insensibilité du cervelet.

Dans aucune de nos expériences, quand la lésion était bien limitée à cet organe, nous n'avons vu les animaux (chiens, chats, lapins, pigeons, etc.) manifester de la douleur. Les expérimentateurs qui ont obtenu des résultats opposés allaient évidemment trop loin, et lésaient la face postérieure du bulbe rachidien ou de la protubérance annulaire, qui, jouissant d'une assez grande sensibilité, est contiguë au cervelet. Pourvu que l'on n'exerce aucun tiraillement sur les deux corps restiformes, cet organe peut être successivement coupé par tranches, comme les lobes cérébraux, sans que l'animal paraisse s'en apercevoir.

Si donc il existe des observations qui prouvent que les maladies des lobes cérébraux ou du cervelet ont pu être accompagnées de céphalalgies extrêmement douloureuses, il est permis de croire que ce symptôme s'explique par la réaction sympathique des parties voisines, ou bien d'admettre que les maladies peuvent déve-

(1) *Traité de l'exist., de la nat. et des prop. du fluide des nerfs*, p. 290. Berlin, 1765.
(2) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties animales*. Lausanne, 1756, t. I, p. 206, § 6, expér. 149 et suiv.
(3) *Rec. de Louis. — Prix de l'Académie de chirurgie*, t. IV, p. 379. Paris, 1819, in-8°.
(4) *Prix de l'Acad. de chir.*, t. IV, p. 316. — Expér. 20 et 21, même édition.
(5) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 75.
(6) *Rech. clin. et expérim. sur le cervelet*, p. 26 (Mém. extr. *des Arch. gén. de méd.*).
(7) *Experimenta quædam de effectibus læsionum in partibus encephali*. Berlin, 1826.

lopper dans ces organes encéphaliques, comme dans beaucoup d'autres organes, une sensibilité anormale, qui par conséquent n'existerait point dans les conditions physiologiques.

Comme les hémisphères cérébraux et le cervelet, les *couches optiques* et les corps *striés* peuvent être piqués, dilacérés, soumis à l'action d'irritants de toutes sortes, sans qu'il y ait manifestation d'aucun signe de douleur.

Mais il n'en est plus de même des tubercules quadrijumeaux, de la protubérance annulaire et du bulbe rachidien, qui pourtant n'offrent une sensibilité appréciable que dans certains points qui vont être déterminés.

La surface des *tubercules quadrijumeaux* ou *bijumeaux*, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous des tubercules ; il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

Toutes les fois que, chez les animaux vivants, il m'est arrivé de toucher, même assez légèrement, la face postérieure de la *protubérance annulaire*, il y a eu manifestation de douleurs vives. Le plus souvent l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de l'organe, surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transversales superficielles), sans l'écarter un peu de la gouttière médiane, et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Quant au *bulbe rachidien*, il est sensible seulement en certains points [illegible]

3° *Parties de l'encéphale en rapport avec l'intelligence, les sensations et les mouvements volontaires.*

Avoir démontré que, dans la masse encéphalique, il y a des parties sensibles et d'autres insensibles, des parties excitables et d'autres inexcitables, ce n'est point encore y avoir déterminé les organes centraux et élaborateurs, soit des impressions sensitives, soit du principe incitateur des mouvements volontaires; à plus forte raison, de semblables faits ne nous apprennent-ils rien sur le siége de l'intelligence dans l'encéphale. Ajoutons d'ailleurs qu'il y aurait erreur grave à conclure de l'insensibilité et du défaut de motricité des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques et des corps striés, que ces parties sont complétement étrangères à l'exercice des fonctions sensitives et locomotrices.

a. — Tous les physiologistes savent que, chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, etc., s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale; que la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même; que le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique; qu'un arrêt de développement, une mauvaise conformation de cette masse, suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme....; etc. En un mot, chacun admet, comme une vérité incontestable, que l'encéphale préside aux phénomènes intellectuels et affectifs.

Mais, l'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui coopèrent à la manifestation des facultés intellectuelles, morales et affectives: les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés.

Sans vouloir entrer, dès à présent, dans l'examen de toutes les questions relatives à un pareil sujet, nous nous bornerons à mentionner quelques-unes des preuves qui doivent faire regarder les lobes cérébraux comme le siége des facultés supérieures de l'âme.

L'anatomie comparée, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés, depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend de plus que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit: chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel, que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre.

Outre qu'ils augmentent de volume, relativement aux autres ganglions encéphaliques, les lobes cérébraux, chez les mammifères les plus intelligents, s'ondulent à leur surface: aussi, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont les plus nombreuses et se rapprochent le plus de celles de l'homme, il devient difficile de ne pas admettre qu'*en général* la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le degré de l'intelligence.

même degré d'intensité, elle établit également qu'ils ne peuvent
ne manière aussi continue qu'à l'état normal (*loc. cit.*). De sem-
éposent donc aucunement contre la précédente opinion sur le siége
; ils prouvent seulement que l'hémisphère sain, pour produire le
ntellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité
'où nécessairement une fatigue plus prompte.
les observations pathologiques, dans lesquelles les altérations des
rébraux ou même d'un seul se sont traduites par divers désordres
, sont si nombreuses, que les faits précédents peuvent être regardés
xceptions, seulement apparentes, dues à ce que, la lésion s'étant pro-
manière extrêmement lente et graduelle, l'hémisphère sain a eu le temps
er à suppléer l'hémisphère atrophié.

ériences peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau pro-
it, dans l'exercice des facultés intellectuelles et instinctives.
nimaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (1), perdent toute
n, toute intelligence en général; ils perdent encore jusqu'à ces instincts
inhérents à chaque espèce et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre
me nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et per-
ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadri-
, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces
ppartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux. » — Selon
l, « il est douteux que les lobes cérébraux soient le réceptacle unique
es instincts, de toutes les volitions (2). »
servateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes céré-
t profondément stupide; qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux,
sonnes; qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui con-
te connaissance; qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc.;
mot, on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intel-

soustraction des lobes cérébraux ; puisque des poules privées de ces lobes peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et lisser leurs plumes avec le bec, etc. (1).

De ce que les lobes cérébraux président seuls aux fonctions intellectuelles, on n'est donc pas suffisamment autorisé à conclure qu'ils sont aussi le siége exclusif de toutes les facultés instinctives.

On a été plus loin, et l'on a prétendu qu'il existait, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux pour les diverses facultés de l'esprit et pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette hypothèse ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est aucunement démontré, disons-le par anticipation, ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes. La valeur des arguments sur lesquels elle s'appuie sera examinée seulement quand nous nous occuperons de l'étude détaillée des fonctions propres aux lobes cérébraux.

Ces organes étant composés de deux substances, l'une blanche, intérieure, l'autre grise, extérieure ou *corticale*, on a cherché à déterminer si la lésion de l'intelligence, dans les maladies, dépendait d'altérations résidant spécialement dans l'une ou dans l'autre de ces substances : beaucoup d'observateurs ont été ainsi amenés à regarder la substance grise (*couche corticale des hémisphères*) comme plus spécialement affectée à l'exercice des facultés intellectuelles.

Si, pour l'instant, on veut bien partager cette opinion, qui sera discutée plus tard, nous ferons remarquer, en passant, que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : aussi deux cerveaux de volume égal peuvent-ils offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface diffère par suite de la profondeur différente des anfractuosités; soit parce que l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre.

Ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale est également très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées, de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface.

b. — Si les physiologistes reconnaissent assez unanimement le cerveau proprement dit (*lobes cérébraux*) comme le siége exclusif des facultés intellectuelles, il y a dissidence entre eux sur la détermination de la portion encéphalique qu'on doit regarder comme le *siége de la faculté de percevoir les impressions sensitives.*

Flourens (2) affirme qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'animal perd la per-

(1) *Ouvr. cit.* de FLOURENS, p. 89. — *Mém.* de BOUILLAUD, *Rec. cit.*, t. X, p. 44.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 79 (en note), 2e édit., 1842.

ception de toutes ses sensations. Au contraire, Magendie (1), Bouillaud (2), Gerdy (3), etc., se refusent à admettre que ces lobes soient l'organe unique des *perceptions*.

Chez les animaux, la *sensibilité générale* persiste malgré la soustraction des deux lobes cérébraux : c'est là, dans notre opinion, une vérité expérimentale facile à démontrer. En effet, les jeunes chiens et les lapins auxquels nous avions fait subir une pareille mutilation ont poussé des cris ou des gémissements, sont entrés dans une agitation extrême, toutes les fois que nous les avons soumis à l'action d'une cause de douleur physique. Bien plus, malgré l'ablation des corps striés, des couches optiques, des tubercules quadrijumeaux et du cervelet lui-même, *la protubérance annulaire et le bulbe restant seuls intacts*, plusieurs de ces animaux ont encore manifesté, par des cris, la douleur que leur faisait éprouver le pincement du nerf trijumeau dans l'intérieur du crâne.

Les oiseaux pouvant survivre pendant plusieurs semaines et même pendant plusieurs mois (*), après l'ablation de leurs lobes cérébraux, il est facile de les soumettre à des observations multipliées.

J'ai possédé des pigeons qui, ayant d'abord résisté à une semblable mutilation, ont survécu douze, quinze et dix-huit jours : j'ai vu ces animaux, plongés le plus ordinairement dans la somnolence, — se réveiller, par intervalles, spontanément ou sous l'influence d'une irritation assez légère de la peau ; — puis, étant éveillés, changer de place, marcher sans qu'on les y excitât, agiter leurs plumes, les lisser, les nettoyer avec le bec ; — s'appuyer tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, cacher celle qu'on pinçait ; — se frotter les narines avec vivacité, après l'inspiration de vapeurs ammoniacales, détourner la tête quand on piquait leur conjonctive ; — résister aux efforts qu'on faisait pour leur ouvrir le bec et y introduire de la nourriture ; — mis sur le dos ou sur le côté, se relever et reprendre facilement leur équilibre ; — rendre leurs excréments comme de coutume, etc.

Or, il m'a semblé que la plupart de ces phénomènes, déjà signalés en partie par Flourens lui-même (*ouvr. cit.*, p. 32, 33, 89), ne pouvaient s'expliquer sans que les animaux eussent réellement *perçu* quelques sensations. Aussi je n'admets point que l'animal dépourvu de ses lobes cérébraux soit privé de la perception de toutes ses sensations.

Reste donc à déterminer le centre perceptif au moins des impressions qui se rapportent à la sensibilité générale.

Lorry (4) conclut de ses expériences qu'il faut le placer dans la moelle allongée (*protubérance et bulbe réunis*), qui, selon lui, est aussi « la source du mouvement » : et son opinion a trouvé un assez grand nombre d'adhérents parmi les physiologistes modernes (Serres, Desmoulins, Bouillaud, Gerdy, J. Müller, etc.).

S'appuyant sur ses propres expériences, Gerdy (5) reconnaît que l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, d'engourdissement, dans un état de volonté paresseuse, *mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de perceptivité et de volonté :* car, ajoute-t-il, si l'on irrite vivement l'animal, il fait

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1825, t. I, p. 199.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 42.
(3) *Bulletin de l'Acad. de méd.*, n° 17; 15 juin 1840, t. V, p. 247, 248.
(*) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois*. (FLOURENS, *ouvr. cit.*, 2e édit., p. 87.)
(4) *Mém. de l'Acad. des sciences, Rec. des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.
(5) *Loc. cit.*

alors des efforts pour échapper à la douleur. Puisque la faculté de percevoir et la volonté sont engourdies par l'ablation du cerveau, le cerveau sert donc, dit Gerdy, à la perception et à la volonté : mais puisqu'elles continuent encore, il n'y sert donc pas seul. Or, quels peuvent être, parmi les organes qui restent, ceux ou celui qui y concourt encore? Serait-ce le cervelet? Mais l'ablation de celui-ci paraît plutôt irriter, exciter et agiter l'animal que l'engourdir. Serait-ce la *protubérance?* « Je le pense, ajoute cet auteur, car il ne reste plus qu'elle qui puisse concourir aux perceptions et aux volitions; et de fait, aussitôt qu'on y touche, aussitôt qu'on l'enlève, l'intelligence et la volonté, tout s'évanouit, et il ne reste plus rien. Il résulte pour moi, de mes propres expériences sur l'encéphale, que la *perceptivité* et la volonté siégent dans le cerveau et la *protubérance.* »

Ce dernier organe est aussi, pour J. Müller (1), le siége non-seulement « de la faculté de sentir, mais encore de l'influence de la volonté. » Flourens, dit-il, « a bien conclu de ses expériences sur l'enlèvement des hémisphères cérébraux que ces parties sont les organes centraux des sensations, et que l'animal ne sent plus rien quand on l'en a privé; mais, loin que cette conclusion découle de ses expériences, c'est le contraire précisément qui en ressort. »

Négligeant à dessein, pour le moment, la question de savoir si la volonté a un autre siége que les hémisphères cérébraux, comme l'avancent ces deux physiologistes, je me bornerai à exposer quelques expériences encore récentes que je crois propres à établir le rôle de la protubérance comme centre perceptif des impressions sensitives.

Dans un mémoire (2) relatif aux effets de l'inhalation de l'éther sur le système nerveux, je pense avoir démontré que, dans cet agent, l'expérimentateur possède un nouveau moyen d'analyse qui (sans mutilation préalable, sans opération sanglante), employé avec discernement, lui permet d'isoler *le siége de la sensibilité générale du siége de l'intelligence et de la volonté.*

En effet, je suis parvenu à faire naître, à mon gré, chez les animaux éthérisés (*chiens* et *lapins*), les deux périodes suivantes :

Dans l'une, l'animal engourdi, ne pouvant déjà plus se soutenir sur ses membres, tombe sur le flanc et s'agite, s'assoupit, puis bientôt, devenu étranger au monde extérieur, n'exécute aucun mouvement spontané, et demeure plongé dans un sommeil profond; toutefois il crie encore et s'agite de nouveau, si l'on pince fortement une partie sensible de son corps, sans *s'éveiller* pour réagir d'une manière efficace et volontaire contre cette violence extérieure. Cette période est, pour nous, la *période d'éthérisation des lobes cérébraux*, et même des autres parties encéphaliques (3), excepté la protubérance annulaire et le bulbe rachidien.

Dans l'autre période, les animaux, ayant subi plus longtemps l'inhalation éthérée, ne crient plus, ne s'agitent plus, ne sentent plus, même quand on tiraille et qu'on dilacère les parties les plus sensibles de leur système nerveux. Cette période est celle d'*éthérisation de la protubérance annulaire*, dont les effets viennent s'adjoindre à ceux de la période précédente.

Mais, pour démontrer, d'une manière directe, que ces variations dans les phénomènes dépendent de ce que l'éthérisation influence successivement et bien réelle-

(1) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 719 et suiv.

(2) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, num. de mars 1847, et *Annales méd.-psychol.*, même année).

(3) Cervelet, tubercules quadrijumeaux, couches optiques et corps striés.

ment celles des portions encéphaliques désignées, il fallait pouvoir reproduire, d'une manière comparative, les effets de nos deux périodes, à l'aide de mutilations pratiquées sur l'encéphale d'animaux vivants.

Or, comme je le disais plus haut, mutile-t-on la masse encéphalique des lapins ou des chiens *au point de ne laisser dans la cavité crânienne que la protubérance et le bulbe*, ces animaux, quoique paraissant plongés dans un coma profond, pourront encore, sous l'influence de vives irritations extérieures, pousser des cris plaintifs, s'agiter violemment, comme ceux qui n'ont subi que l'*éthérisation des lobes cérébraux*. Mais, vient-on à léser assez profondément la protubérance annulaire, immédiatement les cris, l'agitation qui succédaient à de violents pincements, cessent; on n'a plus qu'un animal chez lequel la circulation, la respiration et les autres fonctions nutritives continuent momentanément de s'accomplir: et cet animal, qui vient de perdre sa protubérance, c'est-à-dire *son centre perceptif des impressions sensitives*, doit donc, au point de vue physiologique, être comparé à cet autre qui a atteint la période d'*éthérisation de la protubérance* ou d'insensibilité absolue.

Mais on s'est demandé si, sans la participation des lobes cérébraux, il pouvait y avoir réellement *sensation* de douleur.

Certes, en prenant le mot *sensation* (*) dans son acception rigoureusement métaphysique, et ne l'appliquant qu'à tous les cas d'exercice de la sensibilité *avec conscience*, on devra admettre que la protubérance, siége de la sensibilité générale, et les lobes cérébraux, siége de l'intelligence, doivent nécessairement mettre, pour ainsi dire, en commun leur activité et concourir au même acte.

Mais, à la rigueur, ne pourrait-on pas permettre aux physiologistes de distinguer la *perception* simple, en quelque sorte *brute*, des impressions, de l'attention qui leur est accordée, de l'aptitude à former des idées en rapport avec elles? L'attention, la formation ultérieure des idées sont subordonnées à la participation des lobes cérébraux, dont la perte peut entraîner la stupeur, sans abolir l'exercice de la sensibilité générale, qui est subordonnée immédiatement à la protubérance.

Ainsi, l'animal qui a perdu ses lobes cérébraux, et qui conserve sa protubérance (*mésocéphale*), peut souffrir, mais sa douleur doit avoir subi des modifications profondes dans ce que j'appellerai l'élaboration intellectuelle de cette sensation, élaboration qui en effet ne saurait plus se produire.

En résumé, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le centre perceptif des impressions (*protubérance*) du centre de l'intelligence et de la volonté (*lobes cérébraux*): mais, en admettant que la protubérance puisse fonctionner *isolément* comme *centre de perceptivité*, je n'en considère pas moins le cerveau proprement dit (lobes cérébraux) comme l'organe essentiellement élaborateur, où les sensations tactiles en particulier sont, pour ainsi dire, appréciées à leur juste valeur; où elles prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables; comme l'organe qui est par conséquent le siége de la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations.

Ayant voulu seulement nous appliquer à rechercher le siége ou le foyer de la

(*) La sensation est la réunion en un seul fait de trois faits élémentaires: l'*impression*, la *transmission*, la *perception*.

sensibilité générale dans l'encéphale, nous avons cru devoir parler ici surtout de la persistance des sensations de douleur et de contact, après l'ablation des lobes cérébraux ; réservant pour un examen plus complet la question de savoir ce que deviennent alors les diverses sensations spéciales. Toutefois nous pouvons dire, dès à présent, qu'on n'a aucune donnée suffisante pour oser croire que la perception des impressions auditive, visuelle, olfactive et gustative, s'opère, même partiellement, dans la protubérance des mammifères ou le renflement sus-bulbaire qui la représente dans les trois dernières classes.

c. — Maintenant il reste à déterminer celles des parties encéphaliques d'où émane le *principe incitateur des mouvements de locomotion.*

Nous dirons d'abord brièvement les résultats des expériences, puis nous examinerons si ces résultats peuvent se concilier avec ceux de la pathologie.

Après l'ablation complète de leurs lobes cérébraux, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères inférieurs ne perdent point l'usage de leurs mouvements : les carpes, les grenouilles nagent encore avec agilité ; quelques heures après l'opération, un pigeon qu'on tient suspendu dans l'air, et qu'on y abandonne, s'envole et retombe avec légèreté sur ses pattes ; un lapin pareillement mutilé s'enfuit en criant, si on lui pince une partie sensible du corps.

De plus, supprime-t-on les corps striés chez ce dernier animal, la station et la progression s'accomplissent encore ; et c'est seulement après l'excision des couches optiques qu'elles deviennent impossibles. Toutefois les quatre membres n'en exécutent pas moins des mouvements énergiques, alors même qu'à toutes ces mutilations on ajoute l'ablation du cervelet et des tubercules quadrijumeaux, c'est-à-dire quand il ne reste plus de l'encéphale que la protubérance et le bulbe.

Mais enfin, la protubérance elle-même est-elle enlevée, on n'a plus qu'un animal presque entièrement immobile, chez lequel la respiration, la circulation et les autres fonctions nutritives peuvent persister encore assez longtemps. La dilacération des parties les plus sensibles du corps ne donne plus lieu ni aux cris, *quoique la glotte reste active*, ni à l'extrême agitation qu'on observait avec la protubérance ; et si parfois, sous l'influence de la stimulation des téguments, des contractions apparaissent dans les membres, elles ne sont dues qu'au *pouvoir réflexe* de la moelle, sur lequel nous aurons occasion de revenir avec détail.

Les précédentes expériences, que nous avons maintes fois répétées, tendent donc à faire admettre que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien.

Mais, comme le fait observer Flourens (1), il y a trois phénomènes essentiellement distincts dans un mouvement voulu : la volition de ce mouvement, la coordination des diverses parties qui concourent à ce mouvement, et son excitation directe.

Pour ce physiologiste, la volition des contractions locomotrices émane exclusivement des lobes cérébraux ; leur coordination, du cervelet ; leur excitation, de la moelle épinière et de ses nerfs.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 238.

Nul mouvement ne dérive *directement* de la volonté : si la volonté peut régler la vitesse et l'énergie de certains mouvements, en déterminer le but, elle n'en est que la cause éloignée et non la cause directe. En effet, examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène ; aussi ne suffit-il pas qu'un mouvement soit voulu pour être exécuté, comme le prouve l'exemple des paralytiques. La *volonté* donne l'impulsion déterminante, mais la contraction des muscles, qui est indispensable pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe, à *une autre force qui*, comme l'admettait déjà Lorry (1), *semble émaner spécialement de la protubérance*, de même que, d'après Flourens, le principe coordinateur de l'action des divers muscles aurait sa source dans le cervelet. Aussi l'irritation artificielle de la protubérance met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire ; tandis que celle des lobes cérébraux, où réside la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Mais, si réellement la protubérance représente le foyer primordial du principe excitateur des mouvements de locomotion, on verra néanmoins, par la suite, que la *moelle épinière est aussi une autre source de principe moteur*, et qu'elle ne constitue point, par conséquent, seulement un appareil de transmission et de décharge pour la force motrice émanée de la protubérance.

Nous ne voulons point examiner, en ce moment, s'il est permis de soutenir, avec certains physiologistes, qu'après l'ablation de ses lobes cérébraux, l'animal puisse encore se mouvoir *volontairement ;* que les tubercules quadrijumeaux et le cerveau proprement dit coordonnent aussi certains mouvements, comme le cervelet ; que les couches optiques tiennent sous leur dépendance les contractions volontaires des membres thoraciques, et les corps striés celles des membres abdominaux, etc. ; toutes ces questions se représenteront dans l'étude détaillée des fonctions de chaque dépendance de l'encéphale en particulier.

Jusqu'ici nous nous sommes proposé seulement de retracer brièvement les résultats d'expériences exécutées sur des animaux peu élevés dans l'échelle : il reste maintenant à constater, dans un rapide examen, jusqu'à quel point ces résultats peuvent s'accorder avec ceux que donnent, d'une part, les expériences sur des mammifères supérieurs, et, de l'autre, les observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Si l'excision des lobes cérébraux, chez un oiseau, est suivie d'une faiblesse à peine appréciable et d'ailleurs passagère ; si cette faiblesse est déjà un peu plus évidente chez un mammifère inférieur, le lapin par exemple, elle est au contraire très grande quand l'opération a été pratiquée sur un chien : elle est d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapproche davantage de l'âge adulte, et d'autant moins qu'il est plus jeune. Le chien adulte, privé de ses hémisphères cérébraux, quoique ne se soutenant déjà plus sur ses membres, peut néanmoins leur imprimer encore des mouvements qui continuent même après l'ablation des autres parties encéphaliques, hormis la protubérance, et ne disparaissent qu'avec elle.

Ainsi, à part une faiblesse des membres beaucoup plus marquée, les phéno-

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences, Rec. des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.

mènes ont encore la plus grande analogie avec ceux qu'on observe, après pareilles mutilations, chez les vertébrés inférieurs.

Mais, chez l'homme, cette analogie semble disparaître, puisque la pathologie démontre que l'affaiblissement et même la paralysie absolue des membres ont pu coïncider avec des lésions d'une partie quelconque de l'encéphale.

Comme nous l'avons déjà fait observer plus haut, peut-être serait-il permis, pour s'expliquer ces différences entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, de dire que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; que de plus il existe, chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux, d'où il résulte que le plus ordinairement une de ces parties ne saurait être altérée, sans que les fonctions des autres en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Si toutes ces raisons peuvent être alléguées, s'il nous paraît probable que des parties analogues au point de vue anatomique doivent remplir des fonctions analogues, nous n'hésitons pas moins à appliquer à l'homme lui-même les résultats de nos précédentes expériences relatives à la détermination d'un foyer central pour les mouvements dits de locomotion (*).

II. — Mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif.

Il ne suffit point d'avoir reconnu, soit dans les nerfs, soit dans la moelle épinière, des éléments distincts pour transmettre les impressions sensitives à l'encéphale et l'influence de la volonté aux muscles, ni d'avoir signalé les parties encéphaliques qu'on suppose être les foyers élaborateurs des impressions et du principe incitateur des mouvements volontaires; il faut encore étudier les lois suivant lesquelles ont lieu : 1° la propagation de ce principe dans l'appareil nerveux moteur, 2° la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

Quant à l'action intime de l'encéphale, en vertu de laquelle les mouvements succèdent aux sensations, et même quant au mode d'union de l'un et de l'autre appareil, il faut tout d'abord confesser notre ignorance.

A. — De la propagation du principe du mouvement dans l'appareil nerveux moteur.

La force nerveuse motrice se propage d'après divers modes, et se manifeste tantôt par des contractions continues (celles de certains sphincters, etc.), tantôt par des mouvements rhythmiques (ceux de la respiration, etc.), tantôt par des mouvements volontaires qui succèdent à une libre détermination du *moi*, etc.

Ces différents effets moteurs sont sous la dépendance immédiate de l'axe cérébro-spinal, dont la destruction les abolit tous.

Il est quelques-uns de ces effets qui, en l'absence de l'axe cérébro-spinal,

(*) Il sera question des propriétés sensitive et motrice du *grand sympathique*, seulement lorsque nous examinerons d'une manière générale les rapports du système nerveux avec les fonctions nutritives.

persistent pendant un temps variable : tels sont ceux que présentent le canal intestinal, le cœur et d'autres organes. Mais il n'en sera fait mention, aussi bien que des mouvements rhythmiques de la respiration, qu'à propos de l'influence générale du système nerveux sur les fonctions nutritives. Quant aux contractions continues des sphincters, nous y reviendrons en étudiant les mouvements dits *réflexes*.

En ce moment, le problème qui concerne le mode de propagation de la force excitatrice des mouvements volontaires devra seul nous occuper.

I. La force que transmet un nerf moteur volontaire n'a d'action ou d'effet que suivant la direction des fibres nerveuses primitives qui se rendent aux muscles, c'est-à-dire du centre à la circonférence, et jamais en sens inverse.

Aussi, après la section d'un nerf de cette classe, vient-on à irriter mécaniquement l'extrémité encore adhérente à l'axe cérébro-spinal, on ne voit jamais les muscles, animés par des branches nées au-dessus du point irrité, réagir pour produire la contraction. Par exemple, sur un chien récemment tué, après avoir divisé les nerfs sciatiques poplités interne et externe, si vous piquez, pincez ou brulez ces deux nerfs à la fois, vous ne parviendrez jamais à faire contracter aucun des muscles de la cuisse.

Du Bois-Reymond (1), après la section du nerf sciatique à la cuisse, a reconnu qu'en faisant passer un courant électrique un peu fort dans le sciatique poplité externe, on pouvait produire des contractions dans le muscle jumeau ou gastrocnémien ; et pourtant ce muscle reçoit ses rameaux nerveux seulement du sciatique poplité interne. Du Bois-Reymond appelle ce phénomène *paradoxe de contraction*, et il s'en rend compte à l'aide de changements dans l'*état électro-tonique* du nerf, changements que le courant employé détermine non-seulement dans le point excité, mais aussi de proche en proche dans d'autres points éloignés au-dessus comme au-dessous. Quelques observateurs ont cru devoir expliquer le précédent phénomène simplement par l'action de courants dérivés.

II. Après avoir divisé la moelle épinière lombaire sur des chiens, j'avais eu souvent l'occasion d'exciter mécaniquement, aussitôt après la mort, les faisceaux antérieurs de son segment céphalique, sans avoir jamais vu survenir aucune contraction, ni dans le tronc, ni dans le train antérieur des animaux ; ce qui tendait à démontrer que le principe du mouvement se propage aussi, dans les faisceaux médullaires antérieurs, du centre à la périphérie, comme dans les nerfs moteurs, et jamais en sens inverse ou rétrograde. Mais, plus récemment, ayant eu recours soit aux irritants mécaniques, soit à l'électricité, j'ai parfois constaté, après la mort et sur la moelle épinière intacte, que la propagation de l'incitation motrice peut se faire indistinctement dans tous les sens : la substance grise n'est sans doute pas étrangère à cette sorte de dispersion de la précédente incitation.

III. Les fibres primitives de plusieurs nerfs moteurs qui se réunissent pour donner naissance à un plexus ou à un tronc nerveux, y déploient leur force *isolément*, dans toute leur longueur, c'est-à-dire que la force excitatrice des unes ne se communique point aux autres.

Cette proposition (qui exclut toute idée d'analogie entre les anastomoses vas-

(1) *Untersuch. über thierische Elektricität*, t. II, p. 545. Berlin, 1849.

culaires et les prétendues anastomoses nerveuses qui, en réalité, ne consistent qu'en un simple accolement de fibres primitives) n'est point admise par tous les expérimentateurs.

Quelques-uns soutiennent, au contraire, qu'un seul nerf de mouvement, encore en rapport avec l'axe cérébro-spinal, et anastomosé avec plusieurs autres séparés de cet axe, peut leur communiquer à tous l'excitation qu'il a reçue.

« Si, dit Panizza (1), on coupe la racine antérieure ou motrice d'un des *trois nerfs rachidiens* qui fournissent à l'un des membres abdominaux de la grenouille, les mouvements de ce membre n'en éprouvent aucune altération. Le même résultat a lieu si l'on en divise deux, avec cette différence que quelquefois, à l'instant même, les mouvements n'ont pas la même énergie qu'avant la section ; mais ils ne tardent pas à la reprendre, et la grenouille saute comme si elle n'avait subi aucune opération. Quant à la troisième racine, si l'on vient à la couper, tout mouvement cesse sur-le-champ dans le membre. » — Selon Panizza, ce phénomène ne peut s'expliquer autrement qu'en admettant que l'innervation qui détermine le mouvement dans un membre s'accomplit *également* par la voie de plusieurs nerfs ou d'*un seul*, qui peut établir le rapport entre la moelle et le membre ; dans le cas dont il s'agit, le seul nerf qui reste a besoin d'un certain temps pour concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs. — « Si je ne me trompe, ajoute ce physiologiste, on voit par les faits qui précèdent quel est l'usage des plexus nerveux. Par le mélange et l'entrecroisement des filets qui les constituent et qui proviennent de plusieurs racines ayant la même fonction, il s'établit entre eux une telle solidarité, que *chacun d'eux* jouit de la faculté de conserver l'intégrité de la fonction à laquelle ils sont tous chargés de présider, lorsque par une lésion quelconque il survient une solution de continuité des autres filaments. »

Ces résultats et ces explications ne sauraient être admis. Des expériences très concluantes de Van Deen (2) et de Kronenberg (3) établissent que les fibres nerveuses primitives composant un tronc nerveux y déploient leur force isolément, sans exciter les autres fibres primitives ; et que, par conséquent, un nerf rachidien qui entre dans un plexus, et contribue avec d'autres nerfs rachidiens à la formation d'un gros tronc nerveux, communique sa force motrice, non pas au tronc entier, mais exclusivement à ses propres fibres. Dans la grenouille, les branches antérieures de trois nerfs rachidiens seulement concourent à la formation des nerfs des extrémités postérieures, et se distribuent tant à la peau de la cuisse, de la jambe et du pied, qu'aux muscles de ces parties. On reconnaît que l'irritation mécanique ou galvanique de chacune de ces trois branches ne donne pas lieu aux mêmes convulsions dans les membres pelviens : ainsi la première (nerf crural), quand on l'irrite, fait contracter seulement les muscles du côté interne de la cuisse; la seconde, ceux de la cuisse et de la jambe, et la troisième, ceux de la cuisse, de la jambe et du pied.

Van Deen fit usage du même procédé que Panizza, c'est-à-dire qu'il coupa sur la grenouille, chacun isolément, les trois nerfs qui forment le plexus des extrémités postérieures; et, en opposition avec l'expérimentateur italien, il reconnut, ce que

(1) *Ricerche sperimentali sopra i nervi*. Pavie, 1834.
(2) *De differentia et nexu inter nervos vitæ animalis et vitæ organicæ*. Lugduni Batavorum, 1834, p. 27 et seq.
(3) *Plexuum nervorum structura et virtutes*. Berlin, 1836.

nous avons constaté nous-même, que cette opération paralysait des muscles différents. Après la section du premier nerf, le membre exécutait encore tous ses mouvements, si ce n'est que la cuisse ne pouvait plus être ramenée vers l'abdomen; tout mouvement cessait dans les muscles de la cuisse et de la jambe par la section du second, et enfin celle du troisième paralysait le pied, les orteils, et en partie la jambe. De plus, en fendant le sciatique dans sa longueur, la paralysie se manifestait partout, comme quand on avait coupé le tronc entier du sciatique; d'où Van Deen conclut qu'il y a entrelacement des fibres venues des deux branches spinales qui forment ce tronc.

Les recherches de Kronenberg sont venues confirmer les précédents résultats.

On ne doit donc pas admettre, avec Panizza, que quand tous les nerfs d'un membre, excepté un seul, ont subi une solution de continuité, celui qui reste jouisse de la faculté de conserver à ce membre l'intégrité de ses fonctions locomotrices. Jamais on ne voudrait croire qu'un individu dont tous les rameaux terminaux du plexus brachial seraient coupés, hormis le nerf radial par exemple, pût encore accomplir les mouvements si nombreux, si variés, auxquels préside le membre supérieur.

J'ai fréquemment opéré la résection du nerf sciatique chez des chiens, dans le but de déterminer l'époque précise à laquelle son bout périphérique, par le galvanisme ou les irritants ordinaires, cesse de produire des secousses convulsives; et dans ces cas, j'ai toujours vu persister la paralysie des mouvements de flexion de la jambe sur la cuisse, de tous ceux de la jambe et du pied, tandis que la seule extension de la jambe sur la cuisse était possible, à cause de l'intégrité du nerf crural. Pourtant ce dernier nerf, selon les expressions de Panizza, « aurait dû établir *à lui seul* le rapport entre la moelle et le membre, et concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs autres nerfs, » afin de rétablir la myotilité volontaire de tout le membre postérieur.

Si réellement, dans un tronc nerveux, la force motrice mise en jeu dans plusieurs filets se communiquait à ceux qui l'avoisinent, comment pourrait-on expliquer que l'irritation mécanique d'une partie de ce tronc ne fît pas contracter tous les muscles auxquels il se distribue, mais seulement quelques-uns d'entre eux? Découvrez, sur un chien, les muscles de la cuisse et de la jambe, coupez le nerf sciatique; puis, ayant isolé quelques filaments de son bout libre, excitez-les avec la pointe d'un scalpel, par exemple : les contractions n'apparaîtront jamais que dans le petit nombre de muscles ou de fibres d'un même muscle dans lesquels ces filaments vont se ramifier. En changeant à diverses reprises de faisceaux nerveux, on verra aussi d'autres faisceaux musculaires entrer alternativement en contraction.

L'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf moteur est encore démontrée par la simple observation.

Un même nerf peut se distribuer à des muscles antagonistes. Le moteur oculaire commun ne donne-t-il pas des rameaux au droit supérieur et au droit inférieur de l'œil? Des filets du facial ne sont-ils pas répartis dans les muscles constricteurs et dans les dilatateurs des orifices buccal, nasal, etc.? Le récurrent n'envoie-t-il pas un filet manifeste dans un constricteur de la glotte (muscle aryténoïdien), et quelques autres dans les muscles dilatateurs de cette ouverture (crico-aryténoïdiens postérieurs)? Le triceps crural, qui étend la jambe, et le couturier, qui contribue à la fléchir, ont le même nerf, le crural; la racine motrice

du trijumeau, ou nerf masticateur, anime les muscles qui élèvent et ceux qui abaissent la mâchoire inférieure, etc. (*). Les filets d'un même cordon nerveux doivent donc ne pas transmettre, tous à la fois, la force motrice à la fibre musculaire; sinon tous les muscles antagonistes, excités par le même cordon, se contracteraient simultanément.

Les divers mouvements partiels d'extension ou de flexion des doigts, par exemple, que la volonté parvient à isoler si bien, surtout chez les musiciens exécutants, sont une autre preuve de l'isolement fonctionnel des fibres primitives dans un même nerf : s'il n'en était point ainsi, le médian allant à tous les muscles fléchisseurs (**) et le radial à tous les muscles extenseurs des doigts, comment concevoir des mouvements partiels aussi diversifiés ?

IV. La volonté n'a pas toujours néanmoins le pouvoir d'isoler ainsi les divers mouvements. Mais les mouvements *associés* ont leur origine dans l'encéphale lui-même, et ne sauraient s'expliquer par une communication entre les fibres primitives des nerfs moteurs, puisque ces fibres sont simplement accolées, et que l'irritation d'une partie d'un tronc nerveux fait contracter seulement les muscles auxquels cette partie se distribue.

Citons quelques exemples d'associations de mouvements qui se produisent en dépit de la volonté.

Le muscle occipito-frontal et quelques autres muscles de la face agissent en même temps que l'on essaye de faire mouvoir seulement ceux de l'oreille externe; assez souvent plusieurs muscles faciaux se contractent, quoiqu'on veuille exciter la contraction d'un seul d'entre eux ; il en est de même des muscles du périnée, qui se meuvent presque toujours ensemble. On ne peut tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se contracte : ainsi, quand la volonté se dirige sur le nerf moteur oculaire commun, et notamment sur celles de ses fibres primitives qui se rendent aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence aussi les fibres du même nerf qui forment la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique.

Un grand nombre de muscles des deux côtés du corps ont une tendance à associer leurs mouvements : ainsi cette tendance est si prononcée dans les muscles oculaires, qu'il y a impossibilité de diriger l'un des yeux en bas et l'autre en haut, ou de les tourner tous les deux en dehors; constamment l'un de ces organes se porte involontairement en dedans, lorsqu'on dirige l'autre en dehors. Les muscles du bas-ventre, ceux du périnée et le diaphragme agissent toujours des deux côtés à la fois. Les nerfs et les muscles des membres droits et gauches, quoique plus indépendants, ne sont pourtant pas entièrement soustraits à certaines associations. On sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés dans une certaine direction, par exemple autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux membres à la fois.

« La théorie de ces phénomènes est évidente, dit J. Müller (1); les fibres primi-

(*) Hormis le muscle *génio-hyoïdien*, qui est animé par le nerf hypoglosse.

(**) Excepté à la portion interne du muscle fléchisseur commun profond.

(1) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 589.

tives de tous les nerfs soumis à la volonté aboutissant toutes séparément au cerveau pour y subir l'influence des déterminations de cette dernière, on peut, en quelque sorte, se représenter leur origine dans l'organe comme les touches d'un clavecin, dont la pensée joue en faisant ou couler ou vibrer le principe nerveux dans un certain nombre de fibres primitives, et déterminant par là les mouvements. Mais le pouvoir conducteur de la substance cérébrale expose les fibres primitives, qui sont fort rapprochées les unes des autres, à être affectées simultanément; de sorte qu'il devient difficile à la volonté de limiter l'action à telles ou telles d'entre elles. Cependant cette faculté d'isoler s'acquiert par l'exercice, c'est-à-dire que plus il arrive fréquemment à un certain nombre de fibres primitives de ressentir l'intention de la volonté, plus aussi l'aptitude se développe en elles à obéir seules, sans entraîner les fibres voisines. »

L'habitude nous semble tout à fait inhabile à dissocier plusieurs des mouvements précédents, dont l'association est d'ailleurs indispensable au libre exercice de certaines fonctions. Quoi qu'il en soit, ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui ont été rapportés plus haut, pour démontrer l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs moteurs, car la cause d'une pareille simultanéité de mouvements réside seulement, comme il a été déjà dit, dans l'encéphale lui-même.

V. Quant à la *vitesse de propagation* de la force nerveuse motrice; c'est seulement dans ces dernières années qu'ont été faites des expériences réellement dignes d'intérêt et offrant des garanties d'exactitude; ces expériences sont dues à Helmholtz (1). Nous réservons leur exposé pour le chapitre consacré à l'étude de la *force nerveuse*.

C'est au point de vue historique seulement que nous croyons devoir rappeler ici quelques anciennes observations sur le même sujet.

Cette vitesse avait paru très grande et d'ailleurs très variable, suivant les individus et les espèces animales. — On a calculé, par exemple, que certains insectes peuvent étendre et fléchir leurs ailes 8000 fois par seconde, ce qui, en admettant 2 lignes de distance entre les muscles et les centres ganglionnaires, donne une vitesse d'environ 111 pieds par seconde. Un habile pianiste pouvait étendre et fléchir le doigt indicateur trois cent vingt fois par minute, d'où, en évaluant à 2 pieds et demi la distance entre le cerveau et le bout du doigt, on n'aurait plus qu'une vitesse de transmission de 10 pieds par seconde; évaluation bien éloignée de celle de Haller (2), qui porte cette vitesse à 9,000 pieds par minute, tandis que Sauvages la portait à 7750 par seconde, et d'autres à plusieurs centaines de millions (*cit.* de Haller).

Quoi qu'il en soit de toutes ces évaluations hasardées, une expérience simple et directe peut servir, sinon à mesurer, du moins à donner une idée de la grande rapidité du principe incitateur du mouvement dans sa transmission aux muscles. On sait que, chez les grenouilles narcotisées, le moindre attouchement, celui d'un cheveu par exemple, suffit pour occasionner une secousse convulsive générale: or, dans ce cas, l'incitation périphérique des téguments doit parvenir au centre nerveux spinal, s'y convertir en incitation centrifuge qui se réfléchit sur les organes mus-

(1) *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven* (MÜLLER'S *Archiv*, 1850 et 1852).
(2) *Elementa physiol.*, t. IV, p. 372 et seq.

culaires; et pourtant il est impossible de saisir, à l'aide de la simple observation, le moindre intervalle entre le moment de l'attouchement et celui où éclatent les convulsions.

VI. Une particularité importante qui nécessitera des détails ultérieurs, et qui est relative à la transmission du principe incitateur des mouvements volontaires, doit fixer un moment notre attention : je veux parler du *croisement* des effets moteurs.

L'anatomie démontre que les deux colonnes antéro-latérales ou *motrices* de la moelle s'entrecroisent sur la ligne médiane, soit au niveau du bulbe, soit dans l'épaisseur de la protubérance elle-même (1); et c'est à l'aide de cette disposition qu'on a coutume de se rendre compte des paralysies croisées du mouvement dues à diverses lésions de l'encéphale. — J'ai eu plusieurs fois l'occasion d'examiner des bulbes et des protubérances dans lesquels l'entrecroisement était à peine appréciable, et assurément beaucoup moins complet qu'à l'état normal : de pareilles anomalies ne seraient-elles pas propres à expliquer les observations exceptionnelles de paralysie directe, rapportées par divers pathologistes?

C'est à tort que des physiologistes ont prétendu que, dans le système nerveux, les effets croisés ne se manifestaient qu'à partir des tubercules quadrijumeaux. Si leur assertion est exacte pour les animaux sur lesquels ils ont expérimenté, elle n'est certainement point applicable à l'homme; car nous avons rapporté ailleurs (*ouvr. cit.*, t. Ier, p. 445 et suiv.) des observations qui prouvent que, prolongés dans la protubérance, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

Cette action n'est pas douteuse de la part des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux : nous avons toujours vu les secousses convulsives apparaître du côté opposé au tubercule excité.

C'est une vérité acquise à la science depuis bien des siècles, établie à la fois par les observations pathologiques recueillies sur l'homme, et par les expériences exécutées sur les mammifères supérieurs, que les lésions de l'hémisphère gauche du cerveau peuvent paralyser ou du moins affaiblir les muscles du côté droit du corps, et *vice versâ;* qu'il en est de même des lésions d'une couche optique, d'un corps strié, d'une moitié du cervelet. — Si l'on rencontre, dans la science, quelques observations qui indiquent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale, nous venons de mentionner les variétés anatomiques qui semblent devoir servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Le phénomène suivant a beaucoup frappé l'attention des observateurs : quand une hémorrhagie du cervelet survient en même temps qu'une hémorrhagie du cerveau, ou peu de temps après elle, de telle sorte que le sang s'épanche à droite dans le premier, et à gauche dans le second, ou *vice versâ*, la paralysie n'a lieu que dans le côté du corps opposé à l'hémisphère du cerveau où s'est faite l'hémorrhagie, c'est-à-dire du même côté que l'hémorrhagie du cervelet. Du moins il en a été ainsi dans *sept* cas relatés par Andral (2). « Comment donc se fait-il, dit cet observateur (3), que, par cela seul que les mouvements des membres droits sont

(1) Voy. notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 377, 382, 421.
(2) *Clinique médicale*, 2e édit., 1833, t. V, p. 675 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, t. V, p. 679.

anéantis par suite d'un épanchement de sang dans l'hémisphère gauche du cerveau, l'épanchement qui s'est fait simultanément dans l'hémisphère droit du cervelet n'ait plus la puissance de paralyser les membres gauches? Cette puissance, il l'avait cependant dans les cas où le cerveau était resté intact. »

Il importe de rappeler ici que des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, sans donner lieu à aucun phénomène de paralysie; ce qui tendrait à expliquer comment, dans les cas complexes qui précèdent, celle-ci a pu ne pas exister dans le côté du corps opposé à l'hémisphère cérébelleux malade.

Si, depuis la découverte de l'entrecroisement des fibres médullaires au niveau du bulbe (1), on pouvait se rendre compte de la paralysie croisée des nerfs rachidiens, il n'en était pas de même pour celle des nerfs cérébraux qui prennent leur origine au-dessus de la précédente décussation. Mais la découverte plus récente d'une décussation supplémentaire (2), aux dépens des fibres qui avaient échappé à la première, est venue donner en partie la solution de ce problème physiologique.

Quant à la moelle épinière, les observations pathologiques et les expériences démontrent que l'abolition du mouvement survient dans le côté correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe*, à l'inverse de ce qu'on observe pour la plupart des autres parties de l'axe cérébro-rachidien. Irritez, sur un animal vivant ou tué à l'instant même, le cordon droit antérieur de la moelle séparée de l'encéphale, les convulsions éclatent à droite; irritez le cordon gauche correspondant, elles éclatent à gauche. L'explication de ces résultats est facile, puisque, dans la moelle épinière, il ne paraît exister aucun croisement de fibres motrices de droite à gauche, ou réciproquement.

VII. Pour qu'un mouvement volontaire soit produit, il est évidemment nécessaire que les nerfs moteurs tiennent à l'encéphale, soit immédiatement, soit médiatement par la moelle épinière; mais, quand on les a divisés, l'excitation électrique, mécanique ou chimique de leurs bouts libres peut encore, *pendant un temps déterminé*, susciter des contractions musculaires. Ce dernier résultat ne saurait toutefois autoriser, comme on le verra, à croire avec plusieurs physiologistes qu'un principe analogue à celui qui émane de l'axe cérébro-spinal soit produit dans toute la longueur des nerfs de mouvement.

a. — Durée de l'excitabilité dans les nerfs moteurs séparés de l'axe cérébro-spinal.

Le problème qui consiste à déterminer l'époque précise à laquelle un nerf moteur, ne communiquant plus avec l'axe cérébro-spinal, perd son *excitabilité*, c'est-à-dire son pouvoir d'exciter des contractions quand on l'irrite directement, n'avait été résolu jusqu'à présent par les expérimentateurs que d'une manière incomplète ou erronée.

Legallois (3), ayant détruit la moelle lombaire d'un lapin qu'il choisit âgé de moins de dix jours, afin que, suivant son expression, cet animal *pût continuer de vivre*, nous dit : « Quoique, dans cette expérience, le train de derrière soit frappé

(1) MISTICHELLI, *Trattato dell'apoplessia*. ROME, 1709.
(2) FOVILLE, *Traité complet de l'anat., de la physiol. et de la pathol. du syst. nerv. cérébro-spinal*. Paris, 1844, p. 325. — VALENTIN, *Névrol.*, trad. de Jourdan, p. 230, 237, 246.
(3) *Œuvres* de LEGALLOIS, édit. 1830, p. 24.

de mort, et que ses nerfs ne puissent plus recevoir aucune influence de la moelle épinière, l'irritabilité musculaire s'y conserve, et l'on peut *pendant fort longtemps* faire contracter les cuisses en irritant les nerfs sciatiques. Il paraît donc qu'il se fait dans toute l'étendue des nerfs une sécrétion d'un principe particulier. » Dans ce passage, Legallois s'exprime d'une manière tellement vague, qu'on ne peut savoir si par ces mots « *pendant fort longtemps* », il entend parler d'heures, de jours ou de semaines.

J. Müller et Sticker (1) resèquent d'abord sur deux lapins et un chien le grand nerf sciatique; puis ils essayent de reconnaître l'état réactionnaire de son extrémité inférieure, seulement au bout de *onze semaines* sur le premier lapin, après *cinq semaines* sur le second, et chez le chien après *deux mois et demi*. Dans ces trois cas, qu'on la galvanisât ou qu'on l'irritât mécaniquement, cette extrémité ne provoquait plus la moindre contraction musculaire.

Mais ces expériences ne résolvent nullement la question, à cause du laps de temps trop considérable qui s'est écoulé entre le moment de la résection et celui de l'expérience principale. De plus, ces physiologistes ayant fait usage d'une simple paire de plaques au lieu d'une pile suffisamment forte, on pourrait objecter qu'ainsi ils n'ont pas reconnu, d'une manière décisive, l'état de l'excitabilité dans le bout libre du sciatique. D'ailleurs, après l'exemple du second lapin, mis en expérience seulement au bout de cinq semaines, on trouve (*ouvr. cit.*, t. Ier, p. 690) cette assertion contradictoire : « Ce n'est qu'après avoir été soustrait, *pendant plusieurs mois*, à l'influence des parties centrales, qu'un nerf perd totalement son irritabilité, comme le démontrent les expériences faites par moi et Sticker. »

Steinrück (2) a procédé comme les auteurs précédents : seulement, c'est au bout de quatre semaines qu'il a de nouveau découvert le sciatique, dont l'extrémité périphérique ne lui a plus paru excitable.

Dans mes recherches (3), faites en 1841, j'ai adopté une tout autre marche que celle qu'avaient suivie ces expérimentateurs. Ainsi, je ne me borne point à opérer la résection d'un nerf et à attendre pendant plusieurs semaines ou même plusieurs mois, pour expérimenter sur l'excitabilité de son bout libre : au contraire, dès le lendemain, celui-ci est *essayé* par le galvanisme et par les irritants mécaniques ; les mêmes tentatives sont répétées le surlendemain, etc., et constamment son excitabilité est entièrement éteinte *après le quatrième jour*.

Il importe d'ajouter que le résultat est le même, lorsque, après sa résection, le nerf n'est pas soumis aux stimulations précédentes.

Après le quatrième jour, pour mieux juger encore l'état des muscles lors de l'excitation de leurs nerfs, je découvre les uns et les autres dans une partie bien saine du membre (*), et jamais alors le galvanisme, appliqué *même aux ramuscules nerveux*, ne suscite les plus légères contractions de la fibre musculaire.

(1) *Manuel de physiol.*, par J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 552.
(2) *De generatione nervorum*. Berlin, 1838.
(3) *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie*. Paris, 1841.

(*) A-t-on reséqué le nerf sciatique à la cuisse, il faut agir, non sur les muscles de celle-ci, mais sur ceux de la jambe ; cette précaution est indispensable, car, puisque les muscles de la première sont animés par les rameaux sortis de ce nerf au niveau de l'échancrure ischiatique, et par conséquent au-dessous du point où la résection a été pratiquée, il est clair qu'en agissant sur ces rameaux, on obtiendrait des contractions.

Toutefois, dans ces expériences, délicates à reproduire, il est important de ne point faire usage d'une pile trop forte; autrement, le courant lui-même pourrait être transmis par la division du nerf jusqu'aux muscles, qui ne manqueraient point de manifester une réaction : il s'agit ici, au contraire, de faire passer un courant seulement dans le rameau nerveux, pour prouver que toute force motrice y a disparu.

Afin de rendre les résultats plus frappants, les mêmes épreuves ont été comparativement faites sur les nerfs correspondants du côté sain : au lieu des résultats négatifs précédemment constatés, les contractions les plus manifestes ont toujours eu lieu dans ce dernier cas.

J'ai voulu savoir si les produits seraient différents en agissant sur des nerfs seulement musculaires, comme l'hypoglosse et le facial, ou sur des nerfs destinés à à la fois aux muscles et aux téguments, comme le sciatique : les résultats ont été identiques sur quatorze chiens et deux lapins.

Nos expériences ont encore été variées de la manière suivante : tantôt, sur un chien, la résection du sciatique étant pratiquée, nous soumettions aussitôt son extrémité libre, pendant trente minutes ou parfois une heure, à un courant électrique alternativement direct et inverse, d'où des secousses convulsives de tout le membre ; tantôt, sur un autre chien, cette extrémité n'était soumise à aucune espèce d'irritation électrique ou autre. Chose remarquable, *la durée de l'excitabilité a toujours été la même dans les deux cas ;* seulement, chez le premier chien, les contractions du membre étaient, à chaque épreuve, beaucoup moindres que chez le second : du reste, encore dans ces deux cas, celles-ci décroissaient progressivement depuis le moment de la résection jusqu'à celui où elles disparaissaient d'une manière complète. Mais, dans l'expérience préalable avec le galvanisme, une portion de la force motrice semble donc avoir été éliminée, tandis que l'autre, persistant toujours pendant un temps déterminé, a d'abord été refoulée dans les dernières ramifications nerveuses, d'où n'a pu l'expulser l'agent électrique (*). Cette force motrice, en quelque sorte à l'état latent, peut encore néanmoins se manifester par des contractions, quand, avant le quatrième jour, on galvanise les ramus-

b. — Durée de l'excitabilité dans la moelle épinière séparée de l'encéphale.

En présence des faits qui précèdent, il importait de savoir ce qui arriverait, sous le rapport de l'excitabilité ou motricité, à la *moelle épinière* elle-même séparée de l'encéphale. — Deux jeunes chiens ayant survécu à l'ablation d'une lame vertébrale (la dixième dorsale) et à la résection d'un centimètre et demi environ de la moelle, je pus reconnaître que le bout caudal de cet organe, au vingt-quatrième jour, n'avait encore rien perdu de son excitabilité ; chez plusieurs grenouilles, cinq semaines après une mutilation analogue, je constatai le même résultat : et pourtant, dans tous ces cas, la perte de substance avait été assez considérable pour qu'il ne fût pas permis de croire à la transmission de l'influx nerveux émané de l'encéphale. Plus récemment, ayant reproduit ces expériences sur un jeune chien, j'ai encore retrouvé, dans les faisceaux antérieurs de la moelle, les mêmes effets de motricité qu'à l'état normal, *trois mois* après avoir privé cet organe de toute communication avec l'encéphale. D'après ces résultats, j'ai de la tendance à croire que la motricité peut indéfiniment persister dans les faisceaux blancs antérieurs de la moelle séparée du centre encéphalique.

Comme le faisait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent, d'ailleurs, tant d'autres phénomènes sur lesquels nous devrons insister, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant *de motricité*, et ne saurait être assimilée aux cordons nerveux qui ne sont que des conducteurs.

Quant à l'importante question de savoir si l'*irritabilité musculaire* disparaît ou non avec l'excitabilité des nerfs moteurs, elle a déjà été examinée (tome Ier, 3e partie, p. 26 et suiv.) ; nous n'y reviendrons pas, malgré sa connexité avec les précédents problèmes.

c. — Mode d'extinction de l'excitabilité dans l'appareil nerveux moteur.

Valli (1) avait déjà reconnu que « la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine, » et c'est à ce médecin de Pise qu'est due l'observation que, quand une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par l'électricité, il suffit de diriger cet agent sur une autre portion du nerf plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

Mes propres recherches (2) m'ont permis de ne pas limiter les observations, comme l'avait fait Valli, seulement au système nerveux périphérique, et de constater que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge. — Ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les faisceaux antérieurs de la moelle, les racines spinales correspondantes étaient encore excitables ; mais

(1) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.

(2) Dans mém. intitulé : *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

le moment survenait bientôt où l'excitabilité (motricité) disparaissait *successivement* dans les faisceaux antérieurs, les racines, les troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux.

Au contraire, je dirai à l'avance qu'à l'aide d'expériences réitérées j'ai reconnu que le *principe du sentiment*, dans l'appareil nerveux sensitif d'un animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale. En d'autres termes, la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les racines spinales postérieures (*lombaires*, *dorsales*, *cervicales*), et de proche en proche, dans les faisceaux postérieurs de la moelle (*lombaire*, *dorsale*, *cervicale*), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques : aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

B. — De la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

I. Quand on vient de pratiquer la section d'un nerf de sensibilité et celle d'un nerf de mouvement, on constate qu'il n'en est pas de la faculté sensitive comme de la force motrice : celle-ci peut encore produire le mouvement et réagir sur les muscles, si un irritant est appliqué au bout libre du nerf moteur divisé, tandis que la faculté sensitive ne peut plus se révéler qu'à l'aide de l'extrémité du nerf sensitif qui communique encore avec l'encéphale.

II. Des expériences, faciles à reproduire sur soi-même, démontrent que, si, chez un animal, l'irritation d'un tronc nerveux de mouvement fait contracter tous les muscles qui en reçoivent des filets, celle d'un nerf de sentiment provoque des sensations dans tous les points où il se ramifie. Comprimez fortement le nerf cubital à son passage entre l'épitrochlée et l'olécrâne, et vous éprouverez un picotement douloureux en dedans de la paume et du dos de la main, ainsi que dans les doigts auriculaire et annulaire, c'est-à-dire dans les diverses parties cutanées de la main auxquelles se distribue le nerf cubital.

III. On peut encore, en comprimant dans divers endroits une partie du cubital ou du sciatique, prouver que cette compression s'accompagne d'une sensation bornée aux points qui empruntent des filets à cette partie ; et que, par conséquent, l'irritation d'une des branches de ces nerfs ne se transmet ni aux branches voisines, ni au plexus brachial ou au plexus lombo-sacré.

Le même isolement fonctionnel que nous avons constaté dans les filets des nerfs de mouvement se retrouve donc dans ceux des nerfs de sensibilité.

Il en résulte que, si l'on détruit une portion d'un tronc nerveux sensitif, la portion qui reste ne saurait suppléer celle qui a été détruite : le nombre des points qui demeurent sensibles correspond seulement à celui des fibres primitives demeurées intactes. Il en est de même des anastomoses entre les nerfs de sensibilité : les filets anastomotiques, envoyés par un nerf à un autre, ne sauraient aucunement remplacer celui-ci après sa destruction et entretenir la sensibilité de la partie entière. Ces anastomoses n'ont donc pas un but analogue à celui des anastomoses vasculaires : elles semblent seulement avoir pour usage de prévenir l'anesthésie

complète, qui aurait eu lieu nécessairement dans une partie, si les fibres primitives d'un seul tronc nerveux lui fussent parvenues.

IV. Cependant on ne peut s'empêcher de reconnaître que certaines sensations très vives, ayant leur point de départ dans une région limitée, donnent souvent lieu à d'autres sensations fort étendues, comme le prouvent : le chatouillement de la plante des pieds, par exemple ; la stimulation des parties génitales externes ; le frissonnement général qu'occasionnent le bruit de la lime et celui du verre qu'on divise avec le diamant ; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en avalant de la glace ; l'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée ; l'irradiation douloureuse dans certains névromes ; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris, aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable, etc. Mais ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui démontrent l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs sensitifs ; car la cause d'une pareille association de sensations paraît résider exclusivement dans l'encéphale lui-même, dont les fibres primitives, contrairement à ce qui a lieu pour celles des nerfs, ont une tendance à se communiquer leur surexcitation, ou à être, pour ainsi dire, solidaires les unes des autres. Cette dernière vérité est d'ailleurs établie par de nombreuses observations pathologiques et par des expériences sur lesquelles nous aurons occasion de revenir dans la suite.

V. On a eu occasion d'observer que, dans les amputations pratiquées sur l'homme, les douleurs les plus vives se font souvent sentir, non dans l'endroit même où l'on coupe les nerfs, mais dans les parties auxquelles ils se distribuent. C'est d'ailleurs à peu près la même chose qui se produit dans le cas où une pression subite s'exerce sur le nerf cubital : la sensation, au lieu d'être plus vive à l'endroit où il a été comprimé, se manifeste et persiste surtout dans les points de la peau de la main et des doigts où les fibres primitives de ce nerf se terminent. Toutefois, dans les douleurs si violentes qui accompagnent fréquemment le névrome, on ne peut méconnaître que les malades les rapportent aussi à l'endroit occupé par la tumeur elle-même.

Quand la moelle épinière devient malade, il est commun de voir survenir une sensation de fourmillement ou de picotement douloureux à la peau de toutes les parties dont les nerfs prennent leur origine au-dessous du point lésé, avant que la douleur se fasse sentir au niveau de la lésion elle-même. On cite également des exemples de lésions du cervelet, dans lesquels la sensibilité générale s'était exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites, à tel point que le moindre attouchement des téguments occasionnait une sensation des plus pénibles : mais il semble rationnel de rapporter cette perversion de la sensibilité à la stimulation pathologique des faisceaux postérieurs de la moelle prolongés dans le cervelet, plutôt qu'à la lésion même de ce dernier organe dont l'insensibilité absolue, chez les animaux vivants, ne saurait être révoquée en doute.

Ainsi, quoique les fibres nerveuses sensitives soient affectées dans des points divers de leur longueur, au niveau des troncs nerveux ou de leurs ramifications terminales, ou bien de la moelle elle-même, le *sensorium commune* sent de la même manière les excitations, et les sensations semblent avoir surtout leur point de départ à la peau, comme le plus souvent cela se passe à l'état normal.

VI. Un phénomène digne d'attention consiste en ce que la sensibilité peut avoir complétement disparu dans les parties extérieures et dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, tandis qu'elle existe encore d'une manière très prononcée dans le tronc lui-même. C'est là une vérité facile à reconnaître, tant sur l'homme que chez les animaux. Il m'est fréquemment arrivé de voir, chez les chiens, la sensibilité devenir tellement obtuse dans les membres abdominaux, après que la portion lombaire de la moelle avait été mise à nu, que l'incision des téguments et celle des muscles, à une certaine profondeur, n'étaient aucunement douloureuses, pendant que le moindre pincement du nerf sciatique arrachait des cris à l'animal. Chez l'homme, j'ai eu plusieurs fois l'occasion, durant mon séjour à l'hospice de Bicêtre, de constater que des membres, dont les téguments étaient absolument insensibles à tous les irritants extérieurs, pouvaient néanmoins devenir le siége de douleurs profondes et intolérables. Il faut donc admettre que les nerfs sensitifs peuvent encore fonctionner à leur origine et dans un certain trajet, alors que leurs filets terminaux sont atteints d'anesthésie.

VII. Ce qui précède m'amène naturellement à rappeler le résultat de mes recherches sur le *mode d'extinction du principe du sentiment dans le système nerveux* (voy. plus haut, page 227).

VIII. Revenons aux amputés qui peuvent encore éprouver des sensations qu'ils rapportent à divers points du membre enlevé : on sait que ces sensations sont intenses et douloureuses, surtout pendant l'époque où le moignon s'enflamme. J. Müller (1) rapporte une série d'observations, à l'aide desquelles il se propose de démontrer que ces illusions persistent et qu'elles ne se perdent jamais entièrement. « Si les amputés, dit-il, finissent par s'habituer au sentiment dont il s'agit, à tel point qu'ils ne s'en aperçoivent plus, cependant, dès qu'ils y font attention, ils le voient aussitôt reparaître, et souvent ils sentent d'une manière très distincte leurs orteils, leurs doigts, la plante du pied, la main. Le sentiment devient beaucoup plus vif encore, lorsqu'on applique une bande ou un tourniquet autour du moignon, ou quand on lui fait subir une compression du genre de celles qui amènent l'engourdissement d'un membre; alors la formication s'établit sur-le-champ; l'amputé éprouve des fourmillements dans la main, dans le pied, dans le membre entier, avec tout autant de netteté que si ces parties existaient encore.

« Un homme qui avait le bras coupé depuis *douze ans* éprouvait de temps en temps des fourmillements qui lui semblaient avoir lieu dans les doigts, et qui survenaient surtout lorsqu'il s'appuyait sur son moignon.

« Un homme a le bras amputé depuis *treize ans ;* les sensations dans les doigts n'ont jamais cessé chez lui : il croit toujours sentir sa main dans une situation courbée.

« Un individu qui avait eu le bras droit écrasé par un boulet de canon et ensuite amputé, éprouvait encore, *vingt années* après, des douleurs rhumatismales bien prononcées dans ce membre absent, toutes les fois que le temps changeait. Pendant les accès, le bras qu'il avait perdu depuis si longtemps lui paraissait sensible à l'impression du moindre courant d'air. Il m'assura d'une manière positive que la sensation de ce membre n'avait jamais cessé.

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 599.

« Un homme à qui l'on avait amputé la main y ressentait encore, *sept ans* après, des douleurs qui ne cessèrent qu'à la mort (1). »

On s'explique ces résultats en se rappelant que les troncs nerveux, composés de toutes les fibres primitives qui procuraient des sensations au membre entier, existent encore dans sa portion survivante; et l'on conçoit que diverses causes, telles que le rhumatisme, la compression, etc., puissent les exciter, soit en partie, soit dans leur ensemble, d'où des sensations que l'amputé rapporte à telle région circonscrite ou bien à toute l'étendue d'un membre qu'il ne possède plus (*).

IX. Les chirurgiens qui sont pénétrés de l'importance des faits qui précèdent s'accordent à reconnaître que, dans un grand nombre de névralgies, la section des nerfs ne saurait être d'aucune utilité : il n'est pas rare, en effet, même après l'excision d'une certaine longueur d'un tronc nerveux, de voir revenir les douleurs avec autant d'intensité qu'auparavant. L'explication est facile : quand la cause de la douleur a son siége dans le tronc du nerf, la section doit être inutile, puisque l'irritation du bout demeuré en rapport avec l'encéphale, et constitué encore par toutes les fibres primitives qui aboutissaient aux parties extérieures, y provoque les mêmes sensations douloureuses que si les ramifications terminales étaient elles-mêmes affectées. La section ou l'excision d'une portion du nerf malade peut donc être efficace seulement lorsque la cause des douleurs névralgiques siége dans les branches et les rameaux.

X. Ceux qui ont pratiqué des opérations autoplastiques savent que, quand l'art change la situation des extrémités périphériques des nerfs, comme il arrive dans la transplantation de lambeaux cutanés, ces extrémités n'en rapportent pas moins la sensation à l'endroit du corps où elles se ramifiaient d'abord : ainsi il peut arriver que, lorsqu'on touche un nouveau nez fait par la méthode indienne, le malade rapporte la sensation au front. La présence, dans le lambeau, des rameaux frontaux du nerf ophthalmique rend compte de ce phénomène, qui d'ailleurs ne dure qu'autant que subsiste, à la racine du nez, la communication des fibres nerveuses entre le front et le nez nouveau. Ces faits prouvent que les sensations d'emplacement, procurées par les fibres sensitives, dépendent de l'ordre dans lequel celles-ci naissent de l'axe cérébro-spinal, et non de la situation relative qu'affectent leurs extrémités périphériques.

XI. Après avoir examiné le mode de propagation des effets sensitifs dans les cordons nerveux, il nous reste à le faire connaître sommairement dans l'axe cérébro-spinal.

Dans notre opinion, il est démontré que les *impressions de contact* que subissent les membres et le tronc se propagent spécialement par les cordons blancs postérieurs de la moelle jusqu'à l'encéphale, tandis que les *impressions de douleur* ont l'axe gris pour voie particulière de transmission (voy. plus haut, page 183).

Mais, avant d'aller plus loin, il nous semble utile de rappeler la marche des

(1) KLEIN, dans le *Journal de* GRAEFE, t. III, p. 408.

(*) Consultez sur les sensations des amputés : — HALLER, *Elementa physiol.*, t. IV, p. 305 — LEMOS, *Dissertat. quæ dolorem membri amputati remanentem explicat.* Halle, 1798. — VALENTIN, *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Berne, 1839, p. 82. — G.-TH. RHONE, *De sensuum mendacio apud eos homines quibus membrum aliquod amputatum est.* Halle, 1842.

cordons blancs postérieurs à travers la masse encéphalique : ils s'accolent en arrière du bulbe rachidien (où ils s'écartent pour recevoir les deux *pyramides postérieures*), et divergent un peu plus haut pour intercepter le *calamus scriptorius;* puis bientôt chacun d'eux se bifurque. La division la plus considérable s'incline en dehors et plonge dans le cervelet; la division la plus grêle remonte directement sur la face postérieure de la protubérance, constitue en dehors de la ligne médiane une partie de la paroi antérieure du quatrième ventricule, s'unit au *processus cerebelli ad testes*, et s'engage avec lui, entre une bifurcation du cordon antéro-latéral, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, au-dessus du pédoncule cérébral correspondant. Nous avons exposé ailleurs (1) les raisons qui doivent faire regarder les *processus cerebelli ad testes* comme la continuation de la portion des faisceaux postérieurs qui s'irradie dans le cervelet. Chacun de ces *processus*, suite du faisceau postérieur de la moelle, passe au-dessous du ruban ou de la ganse de Reil, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et va former, en s'unissant à la portion directe du même faisceau, l'étage supérieur du pédoncule cérébral. On doit se rappeler que les faisceaux dont il s'agit s'entrecroisent surtout au niveau du bord antéro-supérieur de la protubérance annulaire, et peut-être aussi dans l'épaisseur du lobe médian du cervelet; qu'ils se prolongent dans l'épaisseur des couches optiques, d'où ils rayonnent en formant une partie du plan fibreux interposé aux deux noyaux gris de chaque corps strié; qu'enfin ils arrivent jusqu'aux hémisphères cérébraux.

On peut donc reconnaître qu'il n'est pas un seul renflement de l'encéphale à travers lequel ne se prolonge le cordon postérieur ou sensitif de la moelle.

Le premier fait physiologique qui nous frappe tout d'abord, et dont la réalité est surtout établie par les observations pathologiques, c'est le *croisement des effets sensitifs* dans l'encéphale. Si la perte du sentiment, d'ailleurs beaucoup moins fréquente que celle du mouvement, se manifeste du côté opposé au siége de la lésion encéphalique, si les effets croisés commencent au niveau de la protubérance, on peut invoquer, pour s'en rendre compte, l'entrecroisement des fibres sensitives dans les points que nous avons précédemment indiqués.

Les expériences peuvent aussi servir à mettre en évidence les phénomènes dont il s'agit : chez les mammifères et les oiseaux, constamment la blessure ou l'extirpation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, à droite, trouble ou anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ*. Ce fait, établi d'abord par les expériences de Flourens (2), a été souvent reproduit par nous-même. Ajoutons que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté, depuis plusieurs semaines, nous avons observé, au-devant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (*).

Suivant Flourens (3), quand on enlève un lobe cérébral, l'animal ne voit plus de l'œil opposé.

Sur des chiens adultes, j'ai plusieurs fois détruit une moitié de la protubérance, et la sensibilité générale m'a paru être abolie dans les membres du côté opposé à

(1) Voyez, pour les détails anatomiques, notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 142 et suiv.
(*) Magendie a fait des observations analogues (voy. *Journ. de physiol. expér.*, t. III, p. 380).
(3) *Ouvr. cit.*, p. 34 et suiv.

celui de la lésion. Sur des animaux de la même espèce, j'ai retranché simultanément, et *à droite*, le lobe cérébral, le lobe cérébelleux, la couche optique et le corps strié, sans voir jamais disparaître la sensibilité qui pourtant avait diminué d'une manière notable *à gauche* (*). — Ces expériences comparatives sont donc propres à confirmer toute l'importance du rôle que joue la protubérance dans l'accomplissement des phénomènes sensitifs, importance sur laquelle nous avons eu déjà l'occasion d'insister.

Nous disions, plus haut, que l'abolition exclusive de la sensibilité était beaucoup plus rare, chez l'homme, que celle du mouvement. Foville explique cette différence à l'aide des diverses commissures transverses de l'encéphale, qu'il croit formées par les faisceaux postérieurs ou sensitifs de la moelle, et qu'il suppose servir à la dispersion des impressions dans le premier de ces organes.

Pour concevoir la *transmission distincte* des impressions périphériques au centre nerveux cérébral, quelques physiologistes admettent que les fibres primitives des troncs nerveux sensitifs restent distinctes aussi dans tout leur trajet le long des faisceaux postérieurs de la moelle, qu'elles y marchent parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, et parviennent ainsi jusqu'à l'encéphale; d'où il résulterait que ces faisceaux postérieurs seraient la somme des fibres primitives à eux envoyées par les parties sensibles du tronc, des membres, etc. Mais ce n'est là qu'une hypothèse toute gratuite, puisque en réalité on ne sait pas encore si les fibres des racines sensitives se continuent directement jusqu'au centre encéphalique, ou si, n'offrant qu'une relation déterminée avec l'axe gris et les fibres propres de la moelle, elles aboutissent seulement à cet organe.

La moelle ne pourrait-elle pas remplacer, dans l'encéphale, par ses propres fibres sensitives, celles du tronc et des membres, sans qu'il y eût entre elles identité rigoureuse de nombre et même de nature? Et dès lors, au lieu de la continuité des filets nerveux primitifs jusqu'au *sensorium commune*, un certain rapport préétabli entre ces derniers et leurs congénères dans la moelle et l'encéphale ne serait-il pas propre aussi à rendre compte de la transmission distincte des impressions?

Cette hypothèse aurait d'ailleurs, sur la précédente, l'avantage de nous fournir une explication plus facile de certains phénomènes contradictoires :

On sait, par exemple, et j'ai déjà insisté sur ce point, que, contrairement à ce qui a lieu pour les fibres primitives des nerfs, celles de l'encéphale peuvent se communiquer leur surexcitation, devenir solidaires les unes des autres, comme le prouvent certaines sensations très vives, qui, ayant leur point de départ dans une région limitée du corps, donnent lieu néanmoins à d'autres sensations fort étendues (voy. p. 228) : évidemment la cause d'une pareille association de sensations ne peut résider que dans les centres nerveux, dont les fibres en rapport avec l'exercice de la sensibilité ne sont donc point identiques avec celles des nerfs, qui fonctionnent chacune isolément.

Si l'anatomie démontre que les faisceaux postérieurs ou sensitifs de la moelle se prolongent dans tous les renflements encéphaliques, les expériences établissent que ces faisceaux jouissent encore d'une vive sensibilité au niveau du bulbe et de la protubérance, mais qu'ils la perdent brusquement en pénétrant dans le cervelet,

(*) Les observations pathologiques, démontrent qu'au contraire, chez l'homme, la *perte absolue* de la sensibilité peut avoir lieu d'une *manière croisée*, dans une moitié du corps, lorsqu'un de ces renflements devient le siége d'une lésion morbide plus ou moins profonde.

les couches optiques, les corps striés et les lobes cérébraux. — Évidemment encore il répugne d'admettre que des propriétés aussi différentes puissent s'observer dans la continuité des mêmes fibres, et l'existence d'un autre système fibrillaire fonctionnant de concert avec celui de la moelle se présente naturellement à l'esprit.

E. H. Weber (1) nous a appris que deux pointes appliquées à la peau, pour être senties comme deux pointes distinctes et non comme une seule, doivent être éloignées l'une de l'autre d'un certain degré qui varie selon les diverses régions du corps; que, dans le milieu du dos, par exemple, il faut laisser jusqu'à un espace de 30 lignes entre les deux pointes pour qu'on puisse les percevoir comme distinctes; et pourtant chacun des points touchés, stimulé isolément, est sensible pour son propre compte. Dans la théorie qui admet que les fibres primitives des nerfs, devenues fibres de la moelle, montent jusqu'à l'encéphale, en restant isolées les unes des autres anatomiquement et physiologiquement, on ne peut guère s'expliquer de pareils résultats : au contraire, ces résultats tendent à faire croire, ou bien qu'à plusieurs fibres primitives d'un nerf correspond une seule fibre de la moelle, devant transmettre l'impression au *sensorium commune*, ou bien que plusieurs fibres de la moelle sont compensées par une seule dans l'encéphale.

Nous réservons, pour le moment où nous nous occuperons de la physiologie de la moelle épinière, la question de savoir si la marche des impressions sensitives est *directe* ou *croisée* dans ce centre nerveux.

III. — ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LE SYSTÈME NERVEUX.

L'agent électrique est, entre tous les agents stimulants, celui qui met en jeu l'excitabilité nerveuse avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle; il peut aussi amener, dans cette propriété, des changements notables dont nous aurons à déterminer les conditions.

L'électricité est d'un emploi fort utile pour le physiologiste, quand il s'agit de déterminer la part de chaque fraction du système nerveux dans les phénomènes de mouvement ou de sensibilité : pour comprendre tout d'abord combien son intervention est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement; tandis que s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs, au point de vue de la contraction des muscles.

Nous devrons examiner successivement l'influence de l'électricité sur l'*appareil nerveux moteur* et sur l'*appareil nerveux sensitif*.

Mais d'abord, il importe de rappeler que, si l'on réunit les deux pôles d'une pile au moyen d'un corps conducteur, il s'établit, dans ce dernier, un courant qui va du pôle positif au pôle négatif, et que, dans leurs recherches sur l'excita-

(1) *De pulsu, resorptione, auditu et tactu, Annotat. anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834, p. 44-175.

tion de la contraction musculaire par le courant électrique, les physiciens ont dû tenir compte du sens suivant lequel les nerfs étaient traversés par ce courant.

Ils ont appelé celui-ci *direct* ou *inverse*, suivant qu'il circule du centre nerveux à la périphérie, ou au contraire de la périphérie au centre nerveux : ainsi, avec le *courant direct*, le pôle positif de la pile est plus rapproché de l'origine du nerf que le pôle négatif, et par conséquent c'est le contraire qui a lieu avec le courant inverse.

Ceci étant posé, nous allons d'abord chercher à déterminer la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant.

Influence de l'électricité sur les nerfs moteurs et sur les faisceaux antérieurs de la moelle épinière. — Jusqu'à présent, les physiciens ont étudié l'action du courant électrique, spécialement sur les nerfs lombaires et sciatiques des animaux, c'est-à-dire sur des cordons nerveux qu'on appelle *mixtes*, parce qu'ils sont composés de filets dont les uns conduisent les impressions, et les autres le principe de la contraction musculaire.

Cette étude, commencée par Lehot (1), poursuivie par Bellingeri (2), Nobili (3), Marianini (4), Matteucci (5), etc., a démontré que si, dans une portion de la longueur d'un nerf de cette double nature (encore adhérent ou non à l'axe cérébro-spinal), on fait passer tout d'abord un *courant direct* ou dirigé du cerveau aux extrémités nerveuses, des contractions surviennent dans les muscles inférieurs, en fermant comme en ouvrant le circuit; et que les mêmes phénomènes sont produits par un courant *inverse*, c'est-à-dire par celui qu'on dirige des extrémités du nerf vers l'encéphale. Il en est ainsi en faisant usage d'appareils à fortes tensions ou à intensité variable.

Mais ces auteurs ont vu bientôt apparaître une autre période persistante, dans laquelle les contractions n'ont plus lieu que dans deux cas : 1° *au commencement du courant direct ;* 2° *à l'interruption du courant inverse.* — (Toutefois il importe de noter qu'avec les courants très faibles et gradués d'une pile thermo-électrique (cuivre et bismuth), dirigés sur un nerf sciatique séparé de la moelle, on peut, à l'exemple de J. Regnauld, obtenir d'emblée les effets de cette période.)

Telle est l'unique loi générale, admise aujourd'hui, sur la relation du sens des courants électriques avec les contractions musculaires qu'ils excitent, en passant dans les nerfs des animaux vivants ou récemment tués.

La découverte fondamentale de Ch. Bell sur les *propriétés différentes* des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens nous a conduits, Matteucci et moi (6), à rechercher si la loi précédente, loi établie par des expé-

(1) Mémoire lu à l'Institut, le 26 frimaire an IX (voy. *Histoire du galvanisme, etc.*, t. II, par P. SUE, Paris, 1802).

(2) *Expériences et observations sur le galvanisme*, dans le tome XXIII des *Mém. de l'Acad. des sciences de Turin.*

(3) Cité par Matteucci dans son *Traité des phénom. électro-physiol. des animaux.* Paris, 1844, p. 197.

(4) *Mém. sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur, etc.* (*Journ. des progrès*, 1829, t. XVIII, p. 84).

(5) *Ouvr. cit.*

(6) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* Mém. lu à l'Acad. des sc. de Paris, dans la séance du 9 septembre 1844).

riences exécutées seulement sur des nerfs *mixtes*, serait applicable ou non à des parties du système nerveux dont l'action n'est que centrifuge, ou exclusivement motrice : c'est assez dire que nos recherches ont dû être d'abord dirigées sur les racines spinales antérieures et sur les faisceaux correspondants de la moelle épinière.

Dans ces sortes de recherches, il importe — de soumettre toujours la même racine antérieure au même courant ; — d'employer celui-ci d'abord tellement faible qu'il donne à peine lieu à des contractions ; — de ne pas s'arrêter aux premiers phénomènes qui, à cause de la trop grande excitabilité de la racine, ne sont jamais bien nets, mais de continuer l'usage du même courant jusqu'à ce qu'un effet durable et constant apparaisse ; — d'opérer sur les racines lombaires, parce qu'elles offrent plus de longueur, et permettent plus facilement d'éviter les *dérivations de courants* sur les parties voisines ; — de bien étancher le sang et d'enlever avec beaucoup de précaution l'humidité qui entoure la racine sur laquelle on agit ; — d'isoler celle-ci à l'aide d'un fil de soie qui l'étreigne et serve à la soulever sans tiraillement ; — enfin, d'*isoler surtout la pile* avec le plus grand soin (*), ce dont on s'assure en touchant séparément le nerf avec l'un ou l'autre rhéophore : sans cette dernière précaution, il serait impossible de connaître la direction du courant dans la racine, et les résultats seraient équivoques. — Ajoutons encore que, dans ces expériences extrêmement délicates à répéter, si l'on augmente subitement le nombre des couples, ou si l'on fait passer le courant dans une plus grande longueur de la racine, on pourra voir réapparaître *momentanément* un peu de confusion dans les phénomènes, c'est-à-dire des contractions musculaires en ouvrant et en fermant le circuit, quelle que soit la direction du courant : mais le résultat que nous allons faire connaître ne tardera point à se reproduire avec la plus grande netteté.

C'est surtout quand on opère sur la *grenouille* qu'il est indispensable de prendre encore quelques autres précautions qui seront indiquées tout à l'heure.

La racine spinale antérieure a été soumise aux courants *direct* et *inverse*, dans les quatre conditions suivantes : — la racine antérieure et la postérieure correspondante étant intactes ; — l'une et l'autre divisées ; — la postérieure intacte et l'antérieure divisée ; — la postérieure divisée et l'antérieure intacte.

Dans tous ces cas, les contractions des muscles, animés par la racine antérieure sur laquelle on agit, se manifestent d'abord confusément au commencement et à la fin du courant, quel que soit le sens dans lequel il circule ; mais, après un certain temps (plus long si la racine antérieure adhère encore à la moelle), les effets deviennent nets et durables : *les contractions n'ont plus lieu qu'au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct*.

Cette complète opposition avec ce qu'on observe sur les nerfs mixtes (le sciatique, par exemple, ou le nerf rachidien pris immédiatement au-dessous du ganglion intervertébral), nous a engagés à répéter ces expériences un très grand nombre de fois sur divers animaux : leurs résultats, constatés chez le cheval, le chien, le lapin et la *grenouille*, ont été invariables.

(*) Nous avons fait usage d'une petite pile à auges, chargée avec de l'eau légèrement acidulée à l'aide de l'acide nitrique : cette pile est commode, parce qu'elle permet de varier le nombre des couples autant de fois qu'on le veut pendant la durée de chaque expérience.

L'emploi de la pile *thermo-électrique* à courants faibles et gradués, récemment proposé par J. REGNAULD, serait sans doute préférable.

Mais, pour les reproduire avec certitude chez la *grenouille*, il est indispensable (à cause du peu de longueur des racines, de l'extrême facilité avec laquelle l'excitation galvanique se transmet au delà du ganglion intervertébral, et par conséquent au nerf rachidien mixte) de prendre certaines précautions qui, quoique bien simples, ne se sont révélées à nous qu'après des essais longtemps réitérés. — Après avoir séparé la moelle de l'encéphale et avoir ouvert le rachis du côté de la cavité abdominale, on glisse des languettes de taffetas verni, ou mieux des lamelles de verre *bien sèches*, au-dessous des racines lombaires antérieures laissées adhérentes à une suffisante longueur de la moelle épinière; puis, ayant coupé tous les nerfs lombaires du côté opposé à celui de l'expérience, on applique l'extrémité d'un rhéophore sur la partie antérieure de la moelle, et l'extrémité de l'autre sur un point de la racine antérieure assez rapproché de cet organe: dans ce cas, les effets se manifestent bientôt d'une manière aussi tranchée que chez le chien, c'est-à-dire que les contractions du membre abdominal ne s'observent que dans deux cas, au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct. Mais si, appliquant les deux rhéophores sur la racine antérieure elle-même, vous vous rapprochez du ganglion intervertébral, et que l'excitation soit transmise au nerf mixte situé immédiatement au-dessous de ce ganglion, vous verrez les phénomènes se renverser et apparaître tels qu'ils ont lieu avec les nerfs qui n'ont pas une action exclusivement centrifuge, comme les racines antérieures.

Un fait digne de remarque, c'est qu'en continuant à faire passer un courant dans les racines antérieures divisées (chez le cheval, le chien, etc.), on voit les contractions musculaires, excitées par le courant inverse qui commence, persister beaucoup plus longtemps que celles dues au courant direct qui cesse.

Arrivons à l'influence du courant sur les faisceaux blancs antérieurs et latéraux de la moelle épinière.

Après avoir coupé la moelle transversalement, au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal (chien), seulement au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. —Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, a démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux blancs antérieurs de la moelle.

Quant aux faisceaux latéraux, ils nous ont paru réagir avec les courants *direct* et *inverse* à la manière des antérieurs, en occasionnant toutefois des secousses convulsives moins persistantes et moins énergiques.

Nos expériences sur les faisceaux antérieurs de la moelle ont été souvent reproduites non-seulement sur des chiens, mais encore sur des lapins, des grenouilles, et enfin sur une couleuvre à collier (*Coluber natrix*). Mais c'est évidemment au chien qu'il faut donner la préférence pour ces sortes de recherches.

Ajoutons enfin que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du*

courant électrique. Il en est de même des racines postérieures une fois séparées de la moelle épinière. Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit inverse ou direct, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

Si les phénomènes que nous venons de faire connaître sont de nature à éveiller l'attention du physicien, ils peuvent aussi, comme on l'a vu, recevoir du physiologiste des applications utiles, et lui servir à appuyer d'arguments nouveaux la distinction, dans le système nerveux, des agents de la sensibilité et de ceux du mouvement. Dès lors, en effet, la physiologie se trouve en possession d'un moyen emprunté à la physique, pour pouvoir distinguer les nerfs qui ne conduisent que le principe de la contraction musculaire, de ceux qui conduisent à la fois ce principe et les impressions périphériques, et qu'on a coutume d'appeler *nerfs mixtes* (*).

S'il est vrai que, à une certaine période et avec un certain degré d'excitabilité, les nerfs mixtes ne provoquent les contractions musculaires qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse, comme l'ont établi Lehot (1) et Marianini (2); qu'au contraire, les nerfs exclusivement moteurs ne les produisent, *à un moment déterminé*, qu'à l'interruption du premier et au

(*) Cette action différente et remarquable des courants électriques sur les nerfs seulement moteurs, ou moteurs et sensitifs à la fois, a été constatée, depuis nos expériences, par SCHIFF et G. VALENTIN (*Lehrbuch der Physiologie der Menschen* von J. M. SCHIFF, Iahr 1858-59). Autant de fois que ces deux savants, si exercés aux expériences électro-physiologiques, se sont placés dans les mêmes conditions que nous, ils ont obtenu les mêmes résultats.

Après avoir porté l'excitation galvanique sur des racines spinales antérieures, préalablement isolées, CL. BERNARD (*Leç. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, Paris, 1858, t. I, p. 189) dit aussi qu'il a obtenu des résultats analogues aux nôtres. Seulement ce physiologiste ajoute que les grenouilles, sur lesquelles il expérimentait, étaient déjà fatiguées par l'opération, et que, d'après lui, il y avait là un phénomène qui n'était plus physiologique.

Quant à E. ROUSSEAU et MARTIN-MAGRON (*Thèse inaug.* de LESURE, Paris, 17 nov. 1857, n° 172), tout en reconnaissant nos faits comme exacts, ils affirment avoir pu déterminer avec les nerfs mixtes les mêmes réactions que nous assignons aux racines spinales purement motrices. D'après ces observateurs, il suffit que le nerf mixte communique avec le muscle, soit directement, soit médiatement à l'aide d'un corps conducteur ; un *courant dérivé*, de sens opposé à celui du courant principal, s'établit alors, et c'est par l'action de ce courant dérivé que surviennent les contractions. Si, en agissant sur les racines antérieures, on détermine, comme nous l'avons fait, des réactions différentes de celles qui ont lieu en opérant sur les nerfs mixtes isolés, cela dépend uniquement, disent ces expérimentateurs, du défaut d'isolement de ces racines qui adhèrent encore à la moelle, et de ce qu'en pareil cas la contraction est due, non au courant principal, mais au courant dérivé. — Nous ne saurions admettre que la différence des effets obtenus s'explique suffisamment par la différence des conditions physiques de l'expérience elle-même : dans le plus grand nombre des cas, le défaut d'isolement des racines qu'on invoque ici n'existait pas ; ces racines, nous avons pris soin de le dire, avaient été préalablement séparées de la moelle et soulevées à l'aide d'un fil de soie les étreignant légèrement, etc.

Avant de céder aux efforts tentés pour ramener au même type les nerfs mixtes et les racines antérieures spinales, nous nous proposons de reprendre prochainement nos anciennes expériences avec le concours éclairé de J. REGNAULD. On sait que cet habile physicien a récemment introduit, dans les recherches électro-physiologiques, l'usage d'une pile thermo-électrique qui a le double avantage de permettre d'étudier l'action de courants très faibles et constants sur le système nerveux, et aussi de les graduer en faisant concourir l'effet d'un nombre plus ou moins grand de couples. La force électro-motrice de chacun des couples n'égale guère que $\frac{1}{150}$ de la pile de Daniell et $\frac{1}{100}$ de celle de Grove.

(1) Mémoire lu à l'Institut national, le 26 frimaire an IX (voy. *Histoire du galvanisme*, t. II, par P. SUE, Paris, 1802).

(2) *Mémoire sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur, et sur quelques autres phénomènes physiologiques produits par l'électricité* (*Journal des progrès*, 1829, t. XVIII, p. 84).

commencement du second, comme cela résulte de nos propres recherches faites avec Matteucci (1), il importe maintenant de mettre en évidence les *circonstances diverses qui modifient l'action du courant électrique* sur les cordons nerveux des animaux vivants ou récemment tués (*).

I. Depuis Valli (2), on admet que le courant électrique, quel que soit d'ailleurs le sens dans lequel il circule, ne donne plus lieu à aucune secousse convulsive, dès l'instant que les extrémités des rhéophores sont laissées en place, c'est-à-dire aussitôt que le circuit est fermé et que le passage du courant dans le nerf moteur devient continu.

Mais cette proposition n'est vraie que si le courant est constant et assez faible; car, dans le cas contraire, on ne manque jamais d'observer d'abord des contractions violentes et même tétaniques qui durent plus ou moins longtemps, suivant l'excitabilité des parties et l'intensité du courant continu.

Des variations très légères dans cette intensité peuvent réveiller les secousses convulsives : celles-ci ont lieu, par exemple, si l'on replie le nerf sur lui-même de manière à changer les points de contact, c'est-à-dire à diminuer ou à augmenter la longueur du circuit, ou bien encore si l'on exerce une dérivation quelconque sur le courant continu.

Si donc, après quelques instants de passage, le courant électrique ne suscite plus de secousses convulsives, ce n'est qu'à la condition de circuler d'une manière régulièrement continue dans le nerf du mouvement : le moindre changement, survenu dans les circonstances de transmission, lui restitue son pouvoir d'exciter la force nerveuse à se manifester par des contractions. La pile thermo-électrique de J. Regnauld (3), qui donne un courant tout à fait constant et facile à graduer, est très propre à vérifier l'observation de Valli.

II. Quand on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire.

Ce fait, que nous pensions, Guérard et moi (4), avoir signalé les premiers, avait déjà été vu par Galvani, au rapport de Matteucci (5), qui l'a confirmé depuis par ses propres expériences. Comme on le verra plus loin, il concorde avec les recherches et les déductions récentes de du Bois-Reymond.

Aussitôt que les extrémités des deux rhéophores cessent d'être en regard, c'est-à-dire que le courant ne suit plus une direction perpendiculaire à celle du nerf soumis à l'expérience, les contractions apparaissent, quand bien même la longueur de ce

(1) *Mém. cit.*

(*) D'après Cl. Bernard (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerveux*, Paris, 1858, t. I, p. 185), quand on agit sur un nerf mixte placé dans les conditions organiques normales et encore apte à transmettre les excitations volontaires, les contractions ont lieu, pour le courant direct et pour l'inverse, à la *fermeture du circuit*, c'est-à-dire au commencement de chaque courant.

Toutefois J. Regnauld (*Rech. électro-physiol.*, p. 10) a constaté que, pour obtenir le second effet, la tension d'un plus grand nombre de couples est nécessaire : la moyenne de plusieurs expériences lui a fourni le rapport de 5 à 11. Pour ce physicien, le *phénomène unique et primitif*, observé sous l'influence de la plus faible tension dans un nerf mixte doué de toute son excitabilité, est la contraction *à la fermeture du courant direct*.

(2) *Lettres sur l'électricité animale*, adressées à de Lamétherie et à Desgenettes, 1792.

(3) *Biblioth. univers. de Genève*, 1855. — *Recherches électro-physiol.* Paris, 1858, broch. de 11 pages.

(4) *Bulletin de la Soc. philomat.*, novembre 1842.

(5) *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux.* Paris, 1844, p. 222.

nerf, interceptée entre les deux pôles, équivaut à sa largeur d'abord traversée par le courant : le sciatique du chien, à cause de son volume considérable, se prête facilement à ces expériences comparatives.

Ajoutons que d'ailleurs les contractions musculaires deviennent de plus en plus énergiques, à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion de plus en plus longue du tronc nerveux; que, par conséquent, le *maximum* d'effet s'observe quand l'extrémité de l'un des rhéophores étant appliquée au nerf lui-même, celle de l'autre est mise en rapport avec les muscles auxquels ce nerf va se distribuer.

III. Dans le cas où deux nerfs (comme les sciatiques), qu'on vient de séparer de l'axe cérébro-spinal, sont soumis comparativement, l'un à l'action du courant direct, et l'autre à celle du courant inverse, les expériences sur les animaux démontrent que les contractions locales sont d'abord constamment plus violentes avec le courant direct qu'avec l'inverse. Si l'on vient soi-même à fermer le circuit d'une pile composée d'un assez grand nombre d'éléments, en touchant un des pôles avec une main, et le second pôle avec l'autre main, la secousse la plus forte est toujours ressentie au bras dans lequel circule le courant direct.

IV. Quoique tout courant continu, dirigé dans un nerf doué de motricité, ne suscite plus, quelques instants après l'établissement de son passage, aucune secousse convulsive, il n'en agit pas moins en modifiant profondément l'excitabilité nerveuse, à laquelle il imprime des caractères qui varient avec le sens dans lequel il circule.

Ainsi, tandis que le courant *direct* continu affaiblit et détruit assez rapidement l'excitabilité des nerfs moteurs, le courant *inverse* continu l'exalte, dit-on, dans certaines limites. Cette dernière observation, qui appartient à Pfaff (1), a été reprise et vérifiée par Matteucci (2).

Une grenouille préparée à la manière de Galvani (c'est-à-dire écorchée, coupée par le milieu du tronc et dépourvue des os du bassin, de sorte que ses deux membres abdominaux ne tiennent plus à un segment de la colonne vertébrale qu'à l'aide des nerfs lombaires), est mise à califourchon sur deux capsules pleines d'eau dans laquelle plongent les extrémités de ses pattes; puis les conducteurs d'une pile suffisamment forte sont immergés dans les capsules, de manière à établir un courant continu. Au bout d'un laps de temps qui varie selon la force du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, on peut facilement reconnaître que, dans le membre parcouru par le courant direct, il n'y a plus de contractions, ni en fermant le circuit ni en l'ouvrant; tandis que celles qu'on observe, longtemps après, dans le membre soumis au courant inverse, et qu'on obtient en interrompant le circuit de ce courant, diffèrent à peine des contractions obtenues d'abord quand les nerfs étaient encore doués d'une grande excitabilité.

Mais, l'expérience précédente n'étant propre qu'à démontrer que le courant inverse altère moins l'excitabilité des nerfs moteurs que le courant direct, il importe de rappeler les recherches qui ont été entreprises dans le but de prouver que l'inverse exalte réellement cette propriété.

« Si, dit Matteucci (3), un nerf est parcouru pendant plusieurs heures, même

(1) Cit. par ALEX. DE HUMBOLDT, dans *Expér. sur le galvanisme*.
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*. Paris, 1847, p. 212.
(3) *Loc. cit.*

trois ou quatre, par le courant inverse, il arrive, dans le plus grand nombre des cas, qu'à l'interruption du circuit le membre éprouve une contraction très violente, qui dure un certain nombre de secondes et qu'on pourrait appeler tétanique. Il suffit de fermer de nouveau le circuit pour que ce phénomène cesse; mais ce qu'il est très important de remarquer, c'est qu'au moment où l'on ferme le circuit, dans cette circonstance, il y a une nouvelle contraction après laquelle le membre revient à son état naturel : cette contraction, qui survient quand on ferme le circuit dans le cas du courant inverse, n'existait pourtant plus dans les premiers instants de l'expérience, et elle a reparu après l'action très prolongée de ce courant. »

Puis, pour prouver plus directement encore que les contractions qu'on observe lorsqu'on vient à ouvrir le circuit du courant inverse croissent dans de certaines limites, et d'autant plus que le circuit est resté plus longtemps fermé, le même auteur ajoute : « Si le passage du courant inverse se réduit à une courte fraction de seconde, alors on trouve, en ouvrant le circuit, une contraction plus faible que celle qu'on obtient après qu'il a circulé pendant plusieurs secondes. Il est très facile de parvenir à ce résultat, pourvu que l'on ferme le circuit à l'aide d'une roue qui n'a qu'une dent métallique, et sur laquelle on applique un des fils de la pile pendant qu'elle tourne. Lorsque le nerf a perdu une partie de son excitabilité, alors on voit facilement la contraction qui se manifeste en ouvrant le circuit s'accroître proportionnellement au temps que le circuit a été fermé. Ce n'est qu'au bout de quinze ou vingt secondes de passage que le plus grand effet est obtenu. »

Si le courant *inverse* continu possède réellement la propriété d'accroître d'abord l'excitabilité nerveuse, il n'en finit pas moins, dans un temps variable suivant son intensité, par l'annihiler momentanément. Toutefois, comme nous l'avons déjà fait observer, à intensité égale de courant, ce dernier effet a lieu beaucoup plus tard qu'avec le courant direct.

Nous signalerons encore un fait qui a éveillé notre attention : c'est qu'un nerf rendu momentanément inexcitable, par l'un ou l'autre courant, redevient toujours plus tôt excitable par le courant inverse que par le direct.

V. Le courant *direct* continu, qui, comme on vient de le voir, abolit assez promptement l'excitabilité des nerfs du mouvement, la leur fait perdre spécialement dans la portion de leur trajet qu'il a parcourue.

Supposons qu'un semblable courant ait agi sur le tronc du sciatique pendant un temps suffisant pour le rendre momentanément inexcitable : si nous venons à découvrir les sciatiques poplités interne et externe, nous pourrons encore constater leur excitabilité; et si, poursuivant ces expériences, nous la faisons disparaître de ces nerfs, il nous sera encore possible de révéler son existence dans leurs rameaux.

Il semblerait donc que la force nerveuse, mise en jeu par le courant, se réfugiât dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, à mesure qu'elle est expulsée de ce dernier.

Du reste, on sait déjà, d'après les anciennes observations de Valli (1), que, chez les animaux récemment tués, « la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine »; et c'est à cet expérimentateur qu'on doit la remarque que, si une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par

(1) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.

le passage du courant électrique, il suffit de diriger ce même courant sur une autre portion du nerf plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

VI. Si le passage d'un courant électrique continu, dans les nerfs moteurs, modifie leur excitabilité, celui d'un courant de même force, interrompu et rétabli à de courts intervalles, la modifie d'une manière encore plus rapide et surtout beaucoup plus profonde : ce fait expérimental, déjà signalé par Nobili (1) et Marianini (2), confirmé par Matteucci (3), a été plus particulièrement démontré par A. Masson.

Vient-on, en effet, après avoir reséqué les deux nerfs sciatiques chez la grenouille, à faire passer comparativement, pendant huit à dix minutes, dans l'un un courant direct continu provenant de deux éléments ordinaires de Bunsen, et dans l'autre un courant de même intensité et de même direction, mais à action interrompue, il est facile de reconnaître que l'excitabilité est infiniment moindre dans ce dernier nerf que dans le premier : si l'expérience se prolonge, le nerf soumis au courant interrompu aura même déjà cessé d'être excitable, quand l'autre le sera encore d'une manière très évidente, au moins par le courant inverse.

Ce mode d'expérimentation, que j'ai mis en usage, et dans lequel on agit directement sur les nerfs eux-mêmes, m'a paru plus rigoureux que celui qu'on emploie ordinairement, et qui consiste à faire passer le courant à travers le corps de l'animal entier.

L'appareil à l'aide duquel Masson est parvenu à donner un grand nombre de commotions électriques très rapprochées aux animaux, et même à leur donner la mort dans un laps de temps très court, consiste en une roue métallique, supportée par un axe également métallique, que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle sur deux coussinets amalgamés. Un de ces coussinets communique avec l'un des pôles de la pile, et l'autre pôle est en rapport avec un fil qui, après s'être enroulé en spirale autour d'un cylindre de fer doux, aboutit à une lame métallique immobile que les dents de la roue peuvent venir frapper successivement. Quand on fait tourner celle-ci, le circuit est fermé chaque fois que la lame touche une des dents, et il s'interrompt au moment où un des interstices se met en rapport avec elle : en saisissant avec les mains mouillées les deux extrémités du conducteur, on éprouve alors une série de violentes secousses dans les bras. Masson a découvert que, si la vitesse de rotation est très grande, ces secousses ne se produisent plus; et Pouillet a prouvé que, quand la durée des intermittences est d'environ $\frac{1}{300}$ de seconde, on ne peut plus distinguer la discontinuité du passage du courant, et qu'alors l'action devient la même que celle d'un courant continu.

Avec cet appareil et deux éléments ordinaires de la pile de Bunsen, nous avons pu, Masson et moi, tuer plusieurs lapins en quelques minutes : les extrémités des rhéophores, suffisamment espacées, avaient été placées au-dessous des téguments.

Un fait qui m'a beaucoup frappé, dans ces expériences, c'est la perte absolue de toute motricité ou excitabilité dans l'appareil nerveux moteur, immédiatement après la mort. J'ai appliqué successivement à divers troncs nerveux et à leurs

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mém. cit.*
(3) *Traité des phén. électro-physiol. des animaux.* Paris, 1844, p. 232 et suiv.

ramuscules terminaux des courants direct et inverse d'une grande puissance, sans jamais parvenir à déterminer les moindres contractions musculaires. Quant aux muscles eux-mêmes, ils réagissaient d'une manière à peine visible, quoique les extrémités des rhéophores fussent plongées dans leur épaisseur.

Je dois encore mentionner, comme un phénomène remarquable, la roideur cadavérique si prononcée qui survient à la suite de ce genre de mort, et sur laquelle, dès ses premières expériences, Masson avait déjà fixé son attention.

VII. Lorsque, à l'aide d'un courant continu ou d'un courant interrompu de médiocre intensité, un nerf moteur a été modifié au point de perdre son excitabilité, on peut faire renaître cette propriété à l'aide d'un autre courant dirigé en sens contraire de celui qui l'avait d'abord neutralisée.

Cette découverte importante, due à Volta, est connue sous le nom d'*alternatives voltaïques*.

Je suppose le train postérieur d'une grenouille préparé à la manière de Galvani et écartelé de façon que les extrémités des deux pattes plongent dans deux capsules remplies d'eau : si l'on immerge dans ces capsules les conducteurs d'une pile assez puissante, et qu'on établisse ainsi un courant direct dans un membre et un courant inverse dans l'autre, au bout d'un laps de temps qui varie selon l'intensité du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, il arrive un moment où le premier de ces membres se contracte seulement à la clôture du circuit, et le second seulement à son interruption; puis, plus tard, apparaît un autre moment où tous deux restent immobiles. Mais alors il suffit d'intervertir la direction du courant dans chaque membre (ce qu'on obtient en changeant la position des pôles de la pile, ou bien en retournant sur eux-mêmes les membres de la grenouille) pour voir, au bout de peu d'instants, de nouvelles contractions survenir, en fermant le circuit, pour le membre traversé par le courant direct, et en l'interrompant, pour l'autre (*). Puis ces contractions cessent de nouveau, après le passage continu du courant, et plus vite dans ce cas que dans le précédent : alors, si l'on renverse de nouveau le sens du courant, c'est-à-dire si on le rétablit comme au début de l'expérience, les contractions se manifestent encore : ces alternatives peuvent être ainsi reproduites un certain nombre de fois sur le même animal (**).

Marianini a reconnu que la durée ou le nombre des alternatives qu'on peut observer sur une même grenouille est d'autant moindre que le courant électrique employé est plus intense ou que l'excitabilité de l'animal est plus faible.

Il importe de rappeler que, chez l'animal vivant, lorsqu'un nerf moteur a perdu son excitabilité par le passage d'un courant électrique, le repos peut la lui restituer, comme le passage d'un courant en sens contraire; toutefois l'excitabilité reparaît moins vite par le repos que sous cette dernière influence.

VIII. L'action du courant électrique sur les nerfs moteurs auxquels on a appliqué une ligature mérite de fixer l'attention du physiologiste; car elle révèle une différence importante, sous le rapport du mode de propagation dans les nerfs, entre la force nerveuse et l'électricité.

(*) Dès le moment que j'intervertissais la position des pôles, la patte d'abord soumise à l'action du courant direct, et devenue inexcitable par ce courant, était constamment prise d'un léger frissonnement musculaire pendant le passage du courant inverse qui lui restituait son excitabilité.

(**) Il est vrai que, dans ces expériences, le courant a agi à la fois sur les muscles et sur les nerfs; mais le phénomène des *alternatives voltaïques* se produit, selon les mêmes lois, dans le cas où l'action du courant est dirigée exclusivement sur les nerfs eux-mêmes.

Pendant qu'on fait passer un courant électrique interrompu dans le bout libre et suspendu du nerf sciatique, par exemple, et qu'ainsi on suscite des contractions musculaires, si l'on vient, en ménageant son névrilème, à désorganiser sa pulpe à l'aide d'une ligature faite au-dessous du point actuellement soumis à l'action du courant, immédiatement le principe nerveux est enrayé et les contractions cessent. Mais, si l'extrémité d'un rhéophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse, et aussitôt reparaissent les contractions musculaires : celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion du sciatique qui, comprise entre le point ligaturé et le point touché par le rhéophore inférieur, est stimulée par le courant dont elle-même fait partie.

La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes restent les mêmes.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence capitale entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

IX. Il nous reste maintenant à démontrer que le courant électrique qu'on applique aux nerfs du mouvement n'est point la cause immédiate des contractions, mais qu'il agit seulement comme excitateur *spécial* de la force nerveuse persistante dans cet ordre de nerfs.

Après avoir pratiqué la section d'un de ces nerfs (*sciatique*, etc.), vient-on à diriger un faible courant dans une petite longueur de son trajet, ou à appliquer de simples irritants mécaniques ou chimiques à son extrémité libre, aussitôt apparaissent des contractions musculaires. Puisqu'il y a eu réaction, sans que le courant ait lui-même cheminé dans toute la longueur du bout nerveux jusqu'aux muscles, l'électricité, comme les autres stimulants, paraît donc seulement avoir mis en jeu le principe actif du nerf. L'expérimentation peut convertir cette probabilité en certitude : en effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (1), et qu'alors si l'on applique, même à ses ramuscules terminaux, l'électricité ou tout autre stimulant, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité eût été la vraie cause efficiente des mouvements musculaires observés dans le premier cas, il est évident qu'ils auraient dû continuer ici sous cette même influence, d'autant mieux que les muscles demeurent encore irritables pendant un très long laps de temps. Du reste, alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter les fibres musculaires, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles : mais les contractions qu'on observe dans ce dernier cas dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile, comme je l'ai démontré le premier (2), persiste, *en l'absence de toute force nerveuse motrice*, tant que cette fibre conserve ses caractères organiques.

Je crois devoir rappeler que, si les contractions musculaires deviennent plus

(1) LONGET, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire* (Mém. inséré dans l'*Examinateur médical*. Paris, 1841).

(2) *Mém. cit.*

énergiques à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion plus longue d'un tronc nerveux encore pourvu de son principe actif, un pareil fait s'explique facilement par les expériences précédentes : la force nerveuse, alors excitée dans une étendue considérable du nerf, doit produire des effets en rapport avec son intensité.

Influence de l'électricité sur les nerfs sensitifs et sur les faisceaux postérieurs de la moelle épinière. — I. Lehot (1) et Marianini (2) prétendent que, si l'on fait agir l'électricité sur un nerf de sensibilité générale, chez un animal vivant, les signes de douleur apparaissent seulement dans deux cas : au moment où le courant direct cesse, au moment où le courant inverse commence.

Mais, suivant Matteucci (3), dans une première période, la douleur éclate à l'établissement et à la rupture du circuit, quelle que soit d'ailleurs la direction du courant ; et les phénomènes observés par Lehot et Marianini ne se montrent que dans une seconde période, c'est-à-dire après quelques instants de passage du courant dans le nerf de sensibilité.

Matteucci (4) avance encore que les sensations les plus violentes surviennent au début du passage du courant inverse, et que l'animal ne manifeste pas de souffrance pendant que le circuit est fermé, quel que soit le sens dans lequel le courant circule.

Dans toutes mes expériences, au lieu de grenouilles et de lapins, chez lesquels souvent les indices de sensibilité sont difficiles à saisir, j'ai fait usage de chiens ou de chats, qui expriment avec une grande vivacité la plupart de leurs sensations douloureuses : il a été évident pour moi que ces animaux souffrent au moment où le courant inverse et le courant direct commencent à s'établir, ainsi qu'à l'instant où le courant inverse est interrompu, tandis qu'ils ne témoignent jamais aucune douleur à l'interruption du courant direct. De plus, j'ai constaté que, même le circuit étant fermé, constamment tous les signes ordinaires de la douleur se manifestent pendant les premiers instants du passage d'un courant d'une certaine puissance, alors même qu'on se met en garde, autant que possible, contre l'effet mécanique de l'attouchement. Mais, vient-on à prolonger l'action du courant continu sur le nerf sensitif, bientôt l'animal cesse ses gémissements et ses cris, l devient calme, et ne paraît plus souffrir, à moins que, déplaçant l'un des rhéophores, l'expérimentateur ne le fasse glisser vers une partie du nerf supérieure à celle que le courant a déjà traversée.

Ainsi, d'après nos expériences que nous avons dû reproduire d'autant plus souvent qu'elles ne s'accordent point avec celles des auteurs précédents, les signes de douleur se montrent : 1° au début du passage des courants direct et inverse ; 2° à l'interruption du courant *inverse* seulement ; 3° et, le circuit étant fermé, pendant les premiers moments du passage continu de l'un ou de l'autre courant.

On sait que si l'on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire. Au contraire, j'ai constaté que la douleur n'en est pas moins vive, quand le courant est

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mém. cit.*
(3) *Leçons sur les phénom. physiques des corps vivants*, édit. franç. Paris, 1847, p. 229 et suiv.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 230.

dirigé de cette manière dans l'épaisseur d'un nerf sensitif, et qu'elle ne paraît point augmentée par l'écartement des deux pôles.

II. Les résultats qui précèdent se sont reproduits dans mes expériences comparatives sur les faisceaux postérieurs de la moelle et sur les racines spinales correspondantes.

Je rappellerai ici que, *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation électrique des faisceaux postérieurs ne donne jamais lieu à la moindre contraction musculaire, quel que soit d'ailleurs le sens du courant.

Il en est de même des racines postérieures, après qu'on les a séparées de la moelle épinière. Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit direct ou inverse, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

III. Sur le chien, j'ai soumis à l'action du courant électrique la portion ganglionnaire du *trijumeau*, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale ; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée. Sur le cheval et le chien, après avoir isolé avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf spinal (accessoire de Willis), les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué l'électricité à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. Aussi, malgré le sentiment contraire d'un assez grand nombre de physiologistes, je ne puis m'empêcher de regarder ces *portions ganglionnaires* comme des nerfs exclusivement sensitifs, que je range à côté des racines spinales postérieures et de la portion ganglionnaire du trijumeau.

Influence de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales. — C'est un fait assez généralement reconnu, que l'action de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales provoque une sensation en harmonie avec les fonctions dévolues à chacun d'eux.

I. Volta (1) démontra, le premier, qu'on éprouve une sensation lumineuse, lorsque le courant électrique vient à stimuler le nerf optique en un point quelconque de son trajet.

Ce phénomène est facile à reproduire, quand bien même l'œil n'est pas compris bien directement dans le courant : en effet, il peut avoir lieu si l'on touche la face interne de la paupière inférieure avec l'un des rhéophores, et l'intérieur de la bouche avec l'autre (*). Puisqu'un courant, trop faible pour imprimer une secousse au globe oculaire, suffit pour éveiller une pareille sensation, il faut bien admettre qu'elle dépend d'une excitation spécialement dirigée sur le nerf optique lui-même. L'action est plus vive si l'on emploie une petite pile au lieu d'une simple

(1) ALDINI, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. In-4°, Paris, 1804, p. 108.

(*) PFAFF (cité par ALDINI, *ouvr. cit.*, p. 162) a proposé d'utiliser ce phénomène pour distinguer les cataractes simples de celles qui sont compliquées d'amaurose.

Mais, pour les reproduire avec certitude chez la *grenouille*, il est indispensable (à cause du peu de longueur des racines, de l'extrême facilité avec laquelle l'excitation galvanique se transmet au delà du ganglion intervertébral, et par conséquent au nerf rachidien mixte) de prendre certaines précautions qui, quoique bien simples, ne se sont révélées à nous qu'après des essais longtemps réitérés. — Après avoir séparé la moelle de l'encéphale et avoir ouvert le rachis du côté de la cavité abdominale, on glisse des languettes de taffetas verni, ou mieux des lamelles de verre *bien sèches*, au-dessous des racines lombaires antérieures laissées adhérentes à une suffisante longueur de la moelle épinière; puis, ayant coupé tous les nerfs lombaires du côté opposé à celui de l'expérience, on applique l'extrémité d'un rhéophore sur la partie antérieure de la moelle, et l'extrémité de l'autre sur un point de la racine antérieure assez rapproché de cet organe: dans ce cas, les effets se manifestent bientôt d'une manière aussi tranchée que chez le chien, c'est-à-dire que les contractions du membre abdominal ne s'observent que dans deux cas, au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct. Mais si, appliquant les deux rhéophores sur la racine antérieure elle-même, vous vous rapprochez du ganglion intervertébral, et que l'excitation soit transmise au nerf mixte situé immédiatement au-dessous de ce ganglion, vous verrez les phénomènes se renverser et apparaître tels qu'ils ont lieu avec les nerfs qui n'ont pas une action exclusivement centrifuge, comme les racines antérieures.

Un fait digne de remarque, c'est qu'en continuant à faire passer un courant dans les racines antérieures divisées (chez le cheval, le chien, etc.), on voit les contractions musculaires, excitées par le courant inverse qui commence, persister beaucoup plus longtemps que celles dues au courant direct qui cesse.

Arrivons à l'influence du courant sur les faisceaux blancs antérieurs et latéraux de la moelle épinière.

Après avoir coupé la moelle transversalement, au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal (chien), seulement au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. —Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, à démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux blancs antérieurs de la moelle.

Quant aux faisceaux latéraux, ils nous ont paru réagir avec les courants *direct* et *inverse* à la manière des antérieurs, en occasionnant toutefois des secousses convulsives moins persistantes et moins énergiques.

Nos expériences sur les faisceaux antérieurs de la moelle ont été souvent reproduites non-seulement sur des chiens, mais encore sur des lapins, des grenouilles, et enfin sur une couleuvre à collier (*Coluber natrix*). Mais c'est évidemment au chien qu'il faut donner la préférence pour ces sortes de recherches.

Ajoutons enfin que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du*

que ces effets dépendent d'une action directe de l'électricité sur les nerfs du goût, et non, comme on l'a supposé, de la décomposition des sels de la salive: car un courant aussi faible ne saurait déterminer une décomposition chimique suffisamment rapide pour rendre compte de sensations aussi promptes à se manifester.

Influence de l'électricité sur les diverses parties de l'encéphale. — Sur des chiens, des chats et des lapins, chez un grand nombre d'oiseaux, j'ai fréquemment fait passer, dans la substance blanche des hémisphères cérébraux, des courants électriques, *en divers sens*, sans jamais parvenir à mettre en jeu la contractilité musculaire : même résultat négatif avec le même agent dirigé sur la substance grise ou corticale de ces hémisphères. — Est-il besoin de rappeler que l'*axe gris* de la moelle épinière s'est montré tout aussi indifférent à l'électrisation qu'aux autres stimulants?

Mes expériences sur les deux substances du cervelet, sur les couches optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute sur l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influence du courant électrique, quelle qu'en soit la direction.

Il n'en est pas de même si les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, les pédoncules cérébraux, la protubérance et le bulbe rachidien, sont compris dans le courant: alors surviennent des mouvements convulsifs dans le tronc, les membres, etc. Mais jusqu'à présent, dans ces expériences, il m'a été impossible de saisir, entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant, des rapports analogues à ceux qui ont été mentionnés plus haut, soit pour les cordons nerveux mixtes, soit pour les cordons nerveux exclusivement moteurs. Toutefois l'étage inférieur des pédoncules cérébraux m'a paru se comporter ordinairement, avec les courants direct et inverse, à la manière des nerfs simplement moteurs (*).

Influence de l'électricité sur le nerf grand sympathique. — Jusqu'à présent cette influence n'a été étudiée que sur des portions très limitées du grand sympathique, et les expérimentateurs, loin d'avoir tiré de leurs études des conclusions toujours identiques, ont parfois avancé les assertions les plus contradictoires.

Volta, Mezzini, Valli, Kleig, Pfaff (1), Behrends (2), etc., crurent observer et publièrent que les contractions du cœur et celles de tous les organes qui sont hors du domaine de la volonté ne pouvaient être excitées par le courant galvanique; et Bichat (3), qui fit aussi quelques expériences à ce sujet, affirma qu'il lui avait toujours été impossible de déterminer le moindre mouvement du cœur « en armant, soit la moelle épinière et le cœur, soit ce dernier organe et les nerfs qu'il reçoit, ou des ganglions par le sympathique, ou du cerveau par la paire vague. »

Nos propres recherches et les expériences d'autres auteurs, expériences dont

(*) J'ai dû supposer, dans cette dernière expérience, que le principe du mouvement se propage dans les pédoncules d'avant en arrière, c'est-à-dire du cerveau vers la moelle.

(1) *Histoire du galvanisme, et analyse des différents ouvrages publiés sur cette découverte*, par P. Sue. Paris, 1802.

(2) Behrends, dans sa dissertation intitulée *Dissertatio qua demonstratur cor nervis carere* (Mayence, 1792), s'est principalement fondé, pour nier l'existence des nerfs du cœur, sur l'inefficacité de l'irritation galvanique.

(3) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, 5e édit., 1829, p. 486 et suiv.

commencement du second, comme cela résulte de nos propres recherches faites avec Matteucci (1), il importe maintenant de mettre en évidence les *circonstances diverses qui modifient l'action du courant électrique* sur les cordons nerveux des animaux vivants ou récemment tués (*).

I. Depuis Valli (2), on admet que le courant électrique, quel que soit d'ailleurs le sens dans lequel il circule, ne donne plus lieu à aucune secousse convulsive, dès l'instant que les extrémités des rhéophores sont laissées en place, c'est-à-dire aussitôt que le circuit est fermé et que le passage du courant dans le nerf moteur devient continu.

Mais cette proposition n'est vraie que si le courant est constant et assez faible; car, dans le cas contraire, on ne manque jamais d'observer d'abord des contractions violentes et même tétaniques qui durent plus ou moins longtemps, suivant l'excitabilité des parties et l'intensité du courant continu.

Des variations très légères dans cette intensité peuvent réveiller les secousses convulsives : celles-ci ont lieu, par exemple, si l'on replie le nerf sur lui-même de manière à changer les points de contact, c'est-à-dire à diminuer ou à augmenter la longueur du circuit, ou bien encore si l'on exerce une dérivation quelconque sur le courant continu.

Si donc, après quelques instants de passage, le courant électrique ne suscite plus de secousses convulsives, ce n'est qu'à la condition de circuler d'une manière régulièrement continue dans le nerf du mouvement : le moindre changement, survenu dans les circonstances de transmission, lui restitue son pouvoir d'exciter la force nerveuse à se manifester par des contractions. La pile thermo-électrique de J. Regnauld (3), qui donne un courant tout à fait constant et facile à graduer, est très propre à vérifier l'observation de Valli.

II. Quand on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire.

Ce fait, que nous pensions, Guérard et moi (4), avoir signalé les premiers, avait déjà été vu par Galvani, au rapport de Matteucci (5), qui l'a confirmé depuis par ses propres expériences. Comme on le verra plus loin, il concorde avec les recherches et les déductions récentes de du Bois-Reymond.

Aussitôt que les extrémités des deux rhéophores cessent d'être en regard, c'est-à-dire que le courant ne suit plus une direction perpendiculaire à celle du nerf soumis à l'expérience, les contractions apparaissent, quand bien même la longueur de ce

(1) *Mém. cit.*

(*) D'après Cl. Bernard (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerveux*, Paris, 1858, t. I, p. 185), quand on agit sur un nerf mixte placé dans les conditions organiques normales et encore apte à transmettre les excitations volontaires, les contractions ont lieu, pour le courant direct et pour l'inverse, à la *fermeture du circuit*, c'est-à-dire au commencement de chaque courant.

Toutefois J. Regnauld (*Rech. électro-physiol.*, p. 10) a constaté que, pour obtenir le second effet, la tension d'un plus grand nombre de couples est nécessaire : la moyenne de plusieurs expériences lui a fourni le rapport de 5 à 11. Pour ce physicien, le *phénomène unique et primitif*, observé sous l'influence de la plus faible tension dans un nerf mixte doué de toute son excitabilité, est la contraction *à la fermeture du courant direct*.

(2) *Lettres sur l'électricité animale*, adressées à de Lamétherie et à Desgenettes, 1792.

(3) *Biblioth. univers. de Genève*, 1855. — *Recherches électro-physiol.* Paris, 1858, broch. de 11 pages.

(4) *Bulletin de la Soc. philomat.*, novembre 1842.

(5) *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux.* Paris, 1844, p. 222.

nerf, interceptée entre les deux pôles, équivaut à sa largeur d'abord traversée par le courant : le sciatique du chien, à cause de son volume considérable, se prête facilement à ces expériences comparatives.

Ajoutons que d'ailleurs les contractions musculaires deviennent de plus en plus énergiques, à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion de plus en plus longue du tronc nerveux; que, par conséquent, le *maximum* d'effet s'observe quand l'extrémité de l'un des rhéophores étant appliquée au nerf lui-même, celle de l'autre est mise en rapport avec les muscles auxquels ce nerf va se distribuer.

III. Dans le cas où deux nerfs (comme les sciatiques), qu'on vient de séparer de l'axe cérébro-spinal, sont soumis comparativement, l'un à l'action du courant direct, et l'autre à celle du courant inverse, les expériences sur les animaux démontrent que les contractions locales sont d'abord constamment plus violentes avec le courant direct qu'avec l'inverse. Si l'on vient soi-même à fermer le circuit d'une pile composée d'un assez grand nombre d'éléments, en touchant un des pôles avec une main, et le second pôle avec l'autre main, la secousse la plus forte est toujours ressentie au bras dans lequel circule le courant direct.

IV. Quoique tout courant continu, dirigé dans un nerf doué de motricité, ne suscite plus, quelques instants après l'établissement de son passage, aucune secousse convulsive, il n'en agit pas moins en modifiant profondément l'excitabilité nerveuse, à laquelle il imprime des caractères qui varient avec le sens dans lequel il circule.

Ainsi, tandis que le courant *direct* continu affaiblit et détruit assez rapidement l'excitabilité des nerfs moteurs, le courant *inverse* continu l'exalte, dit-on, dans certaines limites. Cette dernière observation, qui appartient à Pfaff (1), a été reprise et vérifiée par Matteucci (2).

Une grenouille préparée à la manière de Galvani (c'est-à-dire écorchée, coupée par le milieu du tronc et dépourvue des os du bassin, de sorte que ses deux membres abdominaux ne tiennent plus à un segment de la colonne vertébrale qu'à l'aide des nerfs lombaires), est mise à califourchon sur deux capsules pleines d'eau dans laquelle plongent les extrémités de ses pattes; puis les conducteurs d'une pile suffisamment forte sont immergés dans les capsules, de manière à établir un courant continu. Au bout d'un laps de temps qui varie selon la force du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, on peut facilement reconnaître que, dans le membre parcouru par le courant direct, il n'y a plus de contractions, ni en fermant le circuit ni en l'ouvrant; tandis que celles qu'on observe, longtemps après, dans le membre soumis au courant inverse, et qu'on obtient en interrompant le circuit de ce courant, diffèrent à peine des contractions obtenues d'abord quand les nerfs étaient encore doués d'une grande excitabilité.

Mais, l'expérience précédente n'étant propre qu'à démontrer que le courant inverse altère moins l'excitabilité des nerfs moteurs que le courant direct, il importe de rappeler les recherches qui ont été entreprises dans le but de prouver que l'inverse exalte réellement cette propriété.

« Si, dit Matteucci (3), un nerf est parcouru pendant plusieurs heures, même

(1) Cit. par Alex. de Humboldt, dans *Expér. sur le galvanisme*.
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*. Paris, 1847, p. 242.
(3) *Loc. cit.*

nerveux moteur, mis en jeu par l'électricité, diffère donc, quant à la rapidité de sa propagation et à la durée de sa manifestation, dans le grand sympathique et dans les nerfs cérébro-rachidiens.

Tout expérimentateur qui a vu les contractions des cornes utérines, chez une chienne près de mettre bas, a pu se convaincre de toute la justesse de la comparaison de Haller (1), qui assimilait ces contractions au mouvement péristaltique de l'intestin ; aussi, après avoir constaté que celui-ci peut se mouvoir énergiquement par suite de l'irritation galvanique des grands nerfs splanchniques, n'ai-je pas été surpris de voir l'utérus, quand le même mode d'irritation était appliqué à ses nerfs, se contracter aussi avec une telle force, que, sous mes yeux, plusieurs fœtus ont pu être expulsés de sa cavité.

Dans ces expériences, j'ai toujours pris le soin, avant d'appliquer le galvanisme aux rameaux nerveux, d'attendre que les mouvements vermiculaires de l'intestin ou des cornes utérines, déterminés d'abord par l'impression de l'air, eussent complétement cessé.

Tous les faits précédents suffisent donc pour mettre en évidence l'erreur de Volta, reproduite par d'illustres physiologistes; il est, en effet, inexact de croire que les nerfs des organes musculeux qui sont hors du domaine de la volonté soient insensibles à l'action galvanique.

J'ai voulu soumettre à cette action les grands nerfs splanchniques, les nerfs rénaux, les ganglions lombaires et semi-lunaires, chez des chiens vivants, pour savoir si ces animaux témoigneraient ou non de la douleur; et presque constamment, avec un courant assez intense, ils ont manifestement souffert. Mais leurs douleurs n'ont été vives qu'après quelques instants de passage du courant à travers les rameaux nerveux et les ganglions; jamais elles n'ont paru se produire dès les premiers moments de l'expérience, comme cela s'observe avec les nerfs sensitifs cérébro-rachidiens.

IV. — Influence des agents mécaniques, chimiques et toxiques sur le système nerveux.

Après les détails dans lesquels nous venons d'entrer relativement à l'action de l'électricité sur le système nerveux, nous pouvons d'autant mieux nous dispenser d'insister beaucoup sur l'action des *irritants mécaniques*, que les phénomènes produits ont le plus souvent une assez grande analogie avec ceux que développe l'agent électrique lui-même : hâtons-nous pourtant de reconnaître qu'il existe, entre l'action du courant électrique et celle de tous les autres stimulants, plusieurs différences essentielles dignes de fixer l'attention. Ces différences seront signalées à la fin de ce chapitre.

C'est à mettre en exercice, à modifier ou à détruire la *motricité* ou la *sensibilité* du système nerveux qu'en général se réduit l'influence des agents qui vont nous occuper.

a. — De l'axe cérébro-rachidien dérive la force spéciale qui, à l'état normal, se révèle dans les *nerfs moteurs* par des contractions musculaires, et qui continue de se manifester ainsi, pendant un certain temps, quand on applique un

(1) *Mémoires sur la nat. des part. sens. et irrit.* Lausanne, 1760, t. 1, p. 293 et suiv.

excitant aux bouts libres de ces nerfs divisés. Si, comme on l'a vu plus haut, une pareille manifestation peut avoir lieu sous l'influence du courant électrique, elle est également possible avec de simples *irritations mécaniques* (pincement, piqûre, frottement, tiraillement, etc.), et diverses *substances chimiques*, qui, d'après Al. de Humboldt, seraient notamment : la potasse, la soude, l'ammoniaque, l'*opium*, le chlorure de baryum, l'acide arsénieux, le tartrate antimonié de potasse, le *chlore* et l'*alcool*.

D'autres réactifs, au contraire, tels que les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, le chlorure d'antimoine, le deutochlorure de mercure, etc., ne produisent, au dire du même observateur, aucune contraction locale, lorsqu'on les applique aux extrémités libres des nerfs moteurs. — Nous aurons à mentionner plus loin un intéressant travail de W. Kuhne sur le même sujet.

J'ai provoqué des convulsions locales appréciables en touchant les nerfs moteurs avec l'alcool; les effets ont été nuls avec la dissolution aqueuse d'opium et avec celle de chlore.

La *chaleur* et le *froid*, modificateurs physiques, peuvent exciter des contractions musculaires. Celles-ci sont très vives, quand on expose à la flamme d'une bougie le bout libre d'un nerf moteur qui vient d'être divisé : en le touchant avec un morceau de glace, on donne lieu à des effets moins marqués. Du reste, la chaleur et le froid, appliqués de la sorte, peuvent agir à la manière des irritants mécaniques ou chimiques, en détruisant bientôt *localement* la force nerveuse; mais, irrité entre le point brûlé ou refroidi et les muscles, le nerf mixte se montre encore excitable et provoque des contractions.

On a prétendu que, si l'on tiraille en long un nerf musculaire, ce nerf perd fréquemment son excitabilité dans toute sa longueur, « et que le muscle lui-même est fort souvent dépouillé de sa faculté contractile, quelle que soit l'espèce d'irritation qui désormais agisse sur lui (1). » Nous n'avons jamais constaté un semblable résultat dans aucun nerf musculaire, lorsque nous l'avons tiraillé sans déchirer ses fibres primitives; et, lors même que cette déchirure a eu lieu, les muscles sont constamment demeurés irritables. Ces expériences ont été reproduites bien des fois; leurs résultats sont d'ailleurs confirmés par d'autres expériences que nous avons déjà rapportées, et qui nous ont servi à démontrer que l'irritabilité musculaire se conserve intacte sans le concours des nerfs de mouvement.

b. — Les mêmes causes qui peuvent mettre en jeu ou bien anéantir la *motricité* dans cette classe de nerfs, peuvent aussi, pour la plupart, éveiller ou détruire la *sensibilité*, quand on dirige leur action sur les nerfs de sensibilité générale ou sur ceux de sensations spéciales.

L'*excitation mécanique des nerfs sensitifs*, tant qu'ils communiquent encore avec l'axe cérébro-spinal et ne sont pas contus outre mesure, développe de la douleur; et le même genre d'excitation portant sur certains *nerfs sensoriels* (optique ou acoustique) provoque des sensations en rapport avec les fonctions spéciales dévolues à chacun d'eux.

Du reste, toutes les parties de l'axe cérébro-spinal que nous avions trouvées sensibles et excitables par le courant électrique, toutes celles qui s'y étaient montrées insensibles et inexcitables, ont présenté les mêmes caractères avec les irritants mécaniques ou chimiques.

(1) *Manuel de physiol.*, par J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 533.

c. — Certains agents chimiques et *toxiques*, employés avec discernement, constituent un moyen précieux d'analyse physiologique qui permet d'*isoler*, durant la vie des animaux, le principe du sentiment de celui du mouvement dans les *nerfs mixtes.*

A ce propos, je rappellerai les résultats des expériences que j'ai faites, spécialement avec l'*éther sulfurique* (1), dans le but de déterminer son mode d'action sur les cordons nerveux de cet ordre.

Tout nerf mixte (sciatique, etc.) découvert dans une partie de son trajet, soumis à l'action d'un jet de vapeur d'éther sulfurique ou à celle du même éther liquide, et devenu *insensible* dans le point éthérisé et dans tous ceux qui sont au-dessous, peut néanmoins conserver sa motricité dans ces mêmes points, c'est-à-dire, à l'aide d'irritations artificielles directes, continuer d'éveiller la contraction des muscles auxquels il se distribue. J'ajouterai qu'à certaines conditions il peut même conserver en partie sa faculté motrice volontaire.

Toutes les variations dans les phénomènes dépendent ici de la durée du contact de l'éther avec le tissu nerveux, contact qui, d'ailleurs, ne semble aucunement douloureux, et se borne d'abord à exciter localement de légères secousses convulsives.

Dans un premier degré de cette éthérisation directe, qui apparaît au bout d'une minute et demie environ, chez les chiens et les lapins, le cordon nerveux (sciatique), quoique absolument insensible dans les points indiqués, a encore le pouvoir de faire contracter *volontairement* les muscles qu'il anime. En effet, le passage interrompu et réitéré d'un courant électrique *inverse* ou *direct*, avec le soin que les extrémités des rhéophores ne touchent le nerf qu'au niveau et au-dessous du point éthérisé, ne provoque plus la moindre douleur; mais ce passage vient-il à s'établir au-dessus, l'animal, tout à l'heure impassible, témoigne aussitôt sa souffrance, et les muscles de la jambe, qu'animent les sciatiques poplités interne et externe, ayant été découverts à l'avance, il devient facile de constater que ces muscles participent encore à la contraction volontaire générale (*).

Dans un second degré, qui se manifeste après une éthérisation immédiate un peu plus prolongée (trois ou quatre minutes), le nerf mixte perd le pouvoir qu'il avait encore dans le premier degré; il est toujours insensible, mais de plus entièrement dépossédé de sa faculté motrice volontaire. Son excitabilité ou motricité seule lui reste; propriété qui est due à la persistance du principe du mouvement dans le nerf, et qui permet encore à celui-ci de traduire, par des contractions musculaires, les irritations artificielles dirigées sur son propre tissu, quand déjà la volonté n'exerce plus son empire. Mais il importe de dire que, cette excitabilité, le nerf la conserve encore, qu'il soit lui-même galvaniquement irrité *au-dessus*, *au niveau*, *au-dessous* de la portion soumise à l'action directe de l'éther; en d'autres termes, quoique insensible, il demeure donc excitable dans tous les points de son trajet. La même chose n'a pas lieu plus tard.

Dans un troisième degré, qu'on peut observer après douze à quinze minutes de

(1) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (Mém. lu à l'Acad. roy. de médecine en février 1847, et inséré dans les *Arch. génér. de méd.* et les *Ann. méd.-psychol.*, numéro de mars, même année).

(*) Ce mode de vérification (à l'aide du courant électrique) de l'état de la sensibilité dans un tronc nerveux éthérisé, surtout quand on veut reconnaître aussi où en est son pouvoir moteur, m'a paru de beaucoup préférable à celui qui consiste à piquer ce tronc, à l'étreindre entre les mors d'une pince, et par conséquent à le désorganiser.

contact de l'éther avec le nerf, plus de sensibilité, plus de mouvements volontaires dans les muscles comme dans le degré précédent; mais aussi aucune preuve d'excitabilité de la part du nerf, quand j'y fais passer un courant direct ou inverse *au-dessus du point éthérisé*. Ce point est donc comme s'il avait été contus ou ligaturé, puisqu'il empêche, aussi bien qu'une contusion ou une ligature, la transmission de la force nerveuse motrice. Toutefois il n'en reste pas moins conducteur de l'électricité elle-même; car si j'applique l'extrémité d'un rhéophore au-dessus, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous du point éthérisé, le courant le traverse, et aussitôt apparaissent des contractions musculaires dues au principe du mouvement émané de la portion de nerf qui, comprise entre l'endroit éthérisé et le point touché par le rhéophore inférieur, a été stimulée par le courant dont elle-même fait partie.

Qu'on n'aille pas croire qu'en prolongeant l'immersion dans l'éther durant un laps de temps encore plus long, on parviendrait à faire disparaître le principe du mouvement de la portion du nerf située au-dessous du point qu'on immerge, et à la rendre ainsi inexcitable. Des expériences que nous avons consignées ailleurs (1) ont démontré que le bout périphérique d'un nerf, alors même que celui-ci a été complétement séparé de l'axe cérébro-spinal, ne perd jamais son excitabilité ou sa force nerveuse motrice qu'après le quatrième jour de cette séparation.

Les précédentes expériences, relatives à l'éthérisation directe du tissu nerveux, peuvent être conduites de manière à produire tantôt des effets passagers, et tantôt des effets durables. Dans le premier degré, l'anesthésie peut ne pas durer au delà de quelques instants; dans le deuxième, la sensibilité et la faculté motrice volontaire se rétablissent quelquefois en moins de douze heures, et, quand ce rétablissement a lieu, c'est la première de ces facultés qui reparaît d'abord; dans le troisième degré enfin, où le contact assez prolongé de l'éther a pu altérer la *composition intime du tissu nerveux* (*), il n'y a plus lieu d'attendre la restitution lente de ces facultés que de la régénération de ce tissu lui-même.

Il me paraît utile de noter que les effets relatés plus haut ne doivent pas *tous* être attribués à une action spéciale de l'éther sulfurique liquide sur le tissu nerveux; qu'au contraire, plusieurs d'entre eux peuvent être reproduits à l'aide de ligatures plus ou moins serrées, du froid, de la chaleur, de l'opium, de l'alcool, des acides, des alcalis, et encore d'autres réactifs à des états variables de concentration.

Lorsque, au lieu d'avoir recours à l'éthérisation directe du tissu nerveux, on soumet les animaux à l'inhalation des vapeurs éthérées, on peut parvenir à isoler

(1) LONGET, *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie*. In-8°, Paris, 1841.

(*) C'est à l'anatomie microscopique surtout de nous éclairer sur l'espèce d'altération que l'éther liquide fait subir à la matière nerveuse durant la vie. Déjà SERRES a essayé de faire pressentir la nature de cette altération (séance du 8 février de l'Acad. des sc.). Il est porté à croire « que l'éther liquide agit sur le tissu nerveux en dissolvant ou altérant les éléments de matière grasse qui entrent dans sa composition intime. »

« En appliquant le microscope à la détermination de l'état matériel d'un nerf plongé dans l'éther, disent PAPPENHEIM et GOOD (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 496), on reconnaît que sa structure subit une altération commençant par la gaîne, qui se détache d'abord de son contenu, de sorte que les bords doubles commencent à devenir visibles. Plus tard, la coagulation naît, et l'aspect devient grumeux. Cet état de choses est la mort de la fonction. »

le principe du sentiment du principe du mouvement, non-seulement dans les nerfs, mais encore dans les *centres nerveux* eux-mêmes.

On a déjà vu qu'à l'état normal sont sensibles : *dans le système nerveux central*, les portions postérieures de la protubérance et du bulbe, les tubercules quadrijumeaux à une profondeur déterminée, les faisceaux postérieurs de la moelle épinière ; *dans le système nerveux périphérique*, les portions ganglionnaires des nerfs trijumeau, glosso-pharyngien et pneumogastrique, lesracines postérieures des nerfs spinaux. —Telles sont aussi, par conséquent, les diverses parties de l'appareil nerveux sensitif, sur lesquelles ont dû porter nos expériences successives, qui y ont démontré la perte absolue de la sensibilité.

Quant à l'*appareil nerveux doué de motricité* (*), quoique en général ébranlé et amoindri dans son action, comme le démontre le relâchement assez fréquent des muscles chez l'homme, pourtant il continue de réagir, chez les animaux, à l'aide des irritations électriques ; et même la relation qui existe normalement entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant persiste.

Loin que la motricité des faisceaux antérieurs de la moelle, des parties antérieures du bulbe et de la protubérance, des racines spinales antérieures et des nerfs moteurs crâniens, cesse de pouvoir être mise en jeu, par le courant électrique, durant la vie des animaux éthérisés, comme l'ont prétendu quelques expérimentateurs, elle se manifeste encore, par des contractions musculaires, même chez ceux qui sont morts à la suite d'une éthérisation trop prolongée, comme je l'ai reconnu dans des expériences souvent reproduites.

Toutefois, à l'aide du courant électrique, on constate, après la mort, que l'irritabilité des muscles et l'excitabilité des nerfs de mouvement durent moins longtemps chez les animaux tués par l'éther que chez ceux qui ont succombé à une autre cause de mort, à la section du bulbe, par exemple.

L'animal éthérisé a donc seulement perdu temporairement, à cause des modifications profondes, mais passagères, de son encéphale, la faculté de pouvoir exécuter des mouvements volontaires ; mais on ne saurait avancer que le principe incitateur du mouvement, ou la *force nerveuse motrice* proprement dite, eût momentanément et complétement disparu d'une portion quelconque de son appareil nerveux moteur, puisque cette force (après un laps de temps déterminé, dût-elle ne plus s'y manifester sous l'influence des stimulants mécaniques ou chimiques), ne manque jamais de s'y révéler, au moins pendant la vie, par les contractions musculaires qu'elle provoque nécessairement sous l'influence de la stimulation électrique appliquée à l'organe nerveux lui-même.

Au contraire, ce dernier mode de stimulation, employé avec une assez grande énergie, a, comme tous les autres, constamment échoué entre nos mains, pour nous révéler, par la *douleur*, l'existence du principe du sentiment dans un point quelconque de l'appareil nerveux sensitif des animaux éthérisés à un degré convenable : d'où il semble résulter que l'action de l'éther est bien autrement subversive des fonctions dévolues à ce dernier appareil que de celles qui appartiennent au système nerveux moteur.

D'ailleurs, l'occasion ne s'offre-t-elle pas chaque jour de constater que les

(*) Cet appareil se compose des *cordons latéraux antérieurs de la moelle*, prolongés dans le bulbe, la protubérance, les pédoncules et les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux ; des *trente et une racines spinales antérieures*, et des *sept nerfs moteurs crâniens*.

fonctions de l'un persistent plus longtemps, meurent moins vite, pour ainsi dire, que les fonctions de l'autre? Voyez cet animal que la mort vient de frapper : chez lui, plus de principe du sentiment, plus de contractions volontaires possibles; et pourtant le principe du mouvement (*principe actif des nerfs, force nerveuse motrice*) n'a encore abandonné ni la région antérieure de sa moelle, ni ses racines spinales antérieures, etc. Aucune partie de son appareil nerveux moteur n'est atteinte d'*immotricité;* toutes conservent l'aptitude à exciter des contractions sous l'influence d'irritations immédiates, et ne la perdent qu'avec le froid de la mort.

Si donc, chez l'animal éthérisé, qui pourtant vit et respire, cette aptitude eût réellement disparu, c'eût été plus que ce qu'on voit sur le cadavre lui-même.

A propos des expériences précédentes, qui nous ont permis d'isoler le principe du sentiment du principe du mouvement, dans le système nerveux cérébro-spinal, nous croyons devoir rappeler les expériences dans lesquelles aussi, à l'aide de l'éther, nous nous sommes appliqué à distinguer, dans l'encéphale, le siége de la *sensibilité générale* de celui de l'*intelligence* et de la volonté (page 212).

d. — Parmi les *agents toxiques*, il en est un surtout, le *curare* (*), qui peut servir à démontrer que l'élément musculaire possède sa contractilité par lui-même et indépendamment de tout nerf moteur; en d'autres termes, à établir (comme nous l'avions fait, dès 1841 (1), en suivant une autre voie) que l'*irritabilité* dans les muscles et l'*excitabilité* ou motricité dans les nerfs sont deux propriétés entièrement distinctes.

Lorsque les animaux ont été piqués par un instrument trempé dans le curare, ils paraissent ne pas souffrir, mais seulement être fatigués; ils se couchent et ont l'air de s'endormir. Mais bientôt la respiration s'arrête, et la vie s'éteint sans que l'animal ait poussé aucun cri ni manifesté aucune douleur. — Quand on ouvre, immédiatement après la mort, le corps des animaux ainsi empoisonnés, on remarque constamment des phénomènes qui indiquent un anéantissement complet de toutes les propriétés du système nerveux moteur (Cl. Bernard) : l'excitabilité des nerfs a complétement disparu; mais, chose digne de remarque, les muscles ont conservé leur irritabilité (2).

Le curare, qui abolit l'excitabilité dans les nerfs du mouvement, tout en conservant la contractilité musculaire, *ne fait pas disparaître la sensibilité*. Cl. Bernard, après avoir lié les vaisseaux de l'un des membres postérieurs d'une grenouille, introduisit une petite quantité de curare sous la peau du dos, et, quelques instants après, l'immobilité était absolue. Cependant, si l'on venait à pincer l'une des pattes antérieures, la patte postérieure, dont les vaisseaux étaient liés, se remuait. Les nerfs sensitifs n'étaient donc pas dans le même état que ceux du mouvement. — Dans une autre expérience, le même observateur lie sur une grenouille, dans l'abdomen, les vaisseaux qui portent le sang aux membres postérieurs, et il intro-

(*) Le *curare* est le suc concentré du *Strychnos toxifera* (Rich. Schomburgk). — Sous le titre de *Recherches naturelles, chimiques et physiologiques sur le curare* (Paris, 1855), ALVARO-REYNOSO a publié la monographie la plus complète qu'on ait sur cette substance.

(1) LONGET, *Mémoire cité sur les conditions de l'irritabilité musculaire.*

(2) PELOUZE et CL. BERNARD, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 14 octobre 1850, t. XXXI, p. 533. — CL. BERNARD, *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*. Paris, 1857. — ID., *Leç. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. I, p. 198 et suiv.

duit du curare sous la peau de la partie antérieure du tronc. Bientôt les membres thoraciques perdent complétement la faculté de se mouvoir; on pince alors ces membres, et aussitôt les pattes postérieures exécutent des mouvements très manifestes. Ainsi, que ces contractions soient volontaires ou réflexes, toujours est-il que les nerfs sensitifs transmettent encore les impressions périphériques, tandis que les nerfs moteurs des parties soumises à l'influence toxique ne sont plus aptes à exciter les contractions musculaires.

C'est plus spécialement sur la partie périphérique du système nerveux moteur que paraît s'exercer l'action du curare : chez la grenouille dont on avait lié seulement les vaisseaux de l'un des membres postérieurs, les mouvements provoqués dans ce membre par l'excitation des autres pattes démontrent bien en effet que les facultés sensitive et motrice de la moelle épinière étaient persistantes.

Quant à l'antagonisme, qui avait été signalé entre l'action physiologique du curare et celle de la *strychnine* (1), Martin-Magron et Buisson (2) nous semblent avoir démontré qu'il n'existe pas. Ces poisons ne diffèrent que par des nuances qui disparaissent avec les doses et le mode d'administration. « Le *curare* et la *strychnine*, concluent ces expérimentateurs, produisent leur effet sans qu'il soit nécessaire qu'ils arrivent aux organes par la circulation. — Le curare, comme la strychnine, détermine des convulsions en rendant la moelle plus excitable, et ne l'excite pas directement; — la strychnine, comme le curare, paralyse les extrémités des nerfs moteurs, ou mieux empêche l'action que l'excitation de ces nerfs produit sur les muscles dans l'état normal. — Dans l'empoisonnement par le curare, comme dans l'empoisonnement par la strychnine, on a ou l'on n'a pas de convulsions, suivant que la moelle a été empoisonnée avant les extrémités ou que les extrémités ont été empoisonnées avant la moelle. — Après l'empoisonnement par la strychnine, les muscles conservent aussi leur irritabilité, bien que les nerfs moteurs soient paralysés. » Du reste, Martin-Magron et Buisson ont de plus reconnu que les phénomènes résultant de l'empoisonnement par le curare et la strychnine peuvent varier non-seulement avec la dose et le mode d'administration, mais encore avec la saison, la température, l'état de l'atmosphère, l'âge, la vitalité de l'animal et surtout l'état de la circulation.

En nous occupant, plus tard, du *pouvoir réflexe* et des mouvements qui en dépendent, nous aurons occasion de revenir sur les effets de la strychnine.

Il est encore d'autres substances qui, comme le curare, abolissent l'action des nerfs moteurs sur les muscles, sans altérer la contractilité musculaire ni la sensibilité : telles sont, par exemple, la *nicotine* et la *conicine*. (*).

Au contraire, d'après Kölliker (3), la *vératrine* anéantit très promptement la contractilité dans les muscles, en laissant persister l'excitabilité dans les nerfs, qui pourtant y est diminuée. Le cœur cesse de battre en peu d'instants et perd vite son irritabilité, comme cela s'observe aussi dans l'empoisonnement par l'*upas*

(1) HARLEY, *On the Action of Strychnine upon the Spinal Cord*. London, 1856.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 24 janvier 1859, t. XLVIII, p. 223.

(*) La *nicotine* est un alcaloïde d'aspect huileux qu'on extrait du tabac, et la *conicine* est un autre alcaloïde, de même aspect, qu'on retire de la grande ciguë.

(3) *Physiol. Untersuch. über die Wirkung einiger Gifte* (*Archiv. für pathol. Anat. und Physiol.* de VIERORDT, X, 1856).

-antiar. — Un mode d'action analogue appartient au *sulfocyanure de potassium* (Cl. Bernard, *ouvr. cit.*).

e. — Récemment W. Kuhne (1) a publié d'intéressantes expériences sur l'*irritation chimique* comparée des nerfs et des muscles. D'après cet observateur, les acides minéraux concentrés agissent également sur les muscles et sur les nerfs moteurs; mais, à l'état de dilution, ils n'excitent que le muscle et sont sans action sur le nerf; — les alcalis (potasse et soude) peuvent agir sur les muscles et les nerfs, qu'ils soient concentrés ou à l'état de dilution; — certains sels (chlorure de potassium, sodium, calcium) donnent les mêmes effets que les acides, c'est-à-dire qu'à l'état de concentration ils excitent les muscles et les nerfs, tandis qu'à l'état de dilution ils n'agissent que sur le muscle; — il est d'autres substances (l'ammoniaque et quelques sels minéraux) qui n'agissent jamais sur les nerfs, quel que soit leur degré de concentration, mais qui excitent toujours le muscle.

En appliquant sur le nerf moteur ou sur la coupe transversale du muscle quelques acides organiques, W. Kuhne a constaté qu'il est de ces acides qui n'agissent jamais, quelle que soit leur concentration, ni sur le nerf ni sur le muscle : l'acide oxalique est dans ce cas. Au contraire, il a reconnu que l'acide lactique concentré détermine un tétanos très fort en agissant sur le nerf, tandis qu'il ne fait rien sur la coupe du muscle. — Les mêmes phénomènes se reproduisent avec la glycérine.

Toutes les substances dont il vient d'être question ne font pas partie de l'organisme même, excepté les chlorures de sodium et de potassium. Mais, dans l'organisme, il y a une matière qui a l'influence la plus remarquable sur les muscles et les nerfs : c'est la bile. En effet, quand on plonge la coupe transversale d'un muscle dans la bile, aussitôt on voit ce muscle se contracter. La même chose a lieu si l'immersion est faite dans une solution de sels biliques (glycocholate et taurocholate de potasse ou de soude). Mais, dans ce dernier cas, on trouve une grande différence entre le muscle et son nerf : une solution de moins de 6 pour 100 n'agit plus comme excitant sur le nerf, tandis qu'une solution de 2 pour 100 détermine encore une contraction violente par l'excitation directe du muscle.

On comprend tout l'intérêt qui se rattache aux précédentes expériences au point de vue de l'*irritabilité musculaire*, considérée comme propriété distincte de l'excitabilité nerveuse. On ne saurait prouver que les dernières extrémités des nerfs moteurs, dans l'intérieur des muscles, soient paralysées par le curare, mais il est permis de penser que la différence énorme entre le rapport du nerf et du muscle vis-à-vis des agents chimiques donne une preuve que toutes les substances qui provoquent une contraction musculaire, seulement par leur application sur la coupe transversale du muscle, irritent le *muscle seul*, et non son nerf dans sa substance. W. Kuhne ajoute, comme conclusion, que chaque partie de la fibre primitive irritée et en état de contraction communique une irritation à la partie suivante, c'est-à-dire que le muscle est conducteur de sa *propre activité*, tout à fait comme le nerf.

Après avoir terminé l'étude de l'influence des *agents électrique, mécaniques, chimiques* et *toxiques* sur le système nerveux, nous croyons devoir rappeler les particularités qui caractérisent le mode d'action du courant électrique et le différencient de celui des autres stimulants.

(1) *Mém. présentés à l'Acad. des sc. de Paris, dans les séances du 21 févr. et du 7 mars 1859.*

Le courant électrique est, entre tous les modificateurs du système nerveux, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle.

Appliqué à un nerf mixte, seul il peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt.

Seul aussi, quand il est transmis normalement à la longueur d'un nerf de mouvement, le courant électrique ne provoque aucune réaction motrice.

Il possède la faculté toute spéciale de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, lorsqu'il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou détruit cette excitabilité.

Enfin, et ce caractère est des plus curieux, quand le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensations ni contractions ; et pourtant celles-ci peuvent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A part les différences qui viennent d'être signalées, il est permis, jusqu'à un certain point, d'assimiler l'action du courant électrique, sur le système nerveux, à celle de la plupart des autres stimulants.

V. — Du système nerveux considéré dans ses rapports avec les fonctions nutritives.

Après avoir envisagé le système nerveux comme siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires ; après avoir étudié le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, l'influence des agents électrique et mécaniques, celle de divers agents chimiques et toxiques sur ces deux appareils, nous allons considérer le système nerveux dans ses rapports généraux avec les différentes fonctions nutritives.

I. Enlevez successivement à un jeune chien, par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire ; videz, en un mot, à peu près complétement la cavité crânienne, et vous verrez (le bulbe rachidien et la moelle demeurant intacts) les *mouvements de la respiration* continuer avec une grande régularité. Mais, lorsqu'à l'aide de deux sections transversales du bulbe, vous aurez intercepté un segment ou une rondelle renfermant l'*origine de la huitième paire* (nerfs pneumogastriques) avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, les mouvements respiratoires s'arrêteront d'une manière brusque, et l'animal périra asphyxié.

Il existe en effet, dans le centre cérébro-spinal, une partie qui tient sous sa dépendance immédiate tout le mécanisme respiratoire, et dont la destruction arrête aussitôt le jeu d'un mécanisme si complexe.

Ce fait, aussi curieux qu'important, était déjà connu de Galien (1) et de Lorry (2), qui pourtant n'avaient pas rigoureusement délimité la portion des centres nerveux dont il s'agit. Legallois et Flourens ont mis plus de précision dans leurs recherches.

(1) *De anat. administr.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn (Leipsick, 1821).
(2) *Acad. des sc. de Paris, Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.

Selon Legallois (1), le premier mobile, le principe de tous les mouvements respiratoires a son siége vers cet endroit de la moelle allongée (bulbe rachidien) qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire. Flourens (2) a démontré que l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire se trouve à l'origine même de cette paire nerveuse, qu'il commence avec elle et s'étend un peu au-dessous.

Mes propres expériences m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire, et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister : au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, a *produit l'arrêt instantané de la respiration* (3). — A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches représentant de simples éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal antérieur et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux et apte à représenter, au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation. — C'est donc l'intégrité fonctionnelle de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres blanches du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seule nécessaire, chez les animaux supérieurs, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides antérieures et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, le bulbe continue néanmoins d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire ?

Chez les mammifères, je suis quelquefois parvenu à diviser, exactement sur la *ligne médiane*, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur, et pourtant la respiration a continué de s'accomplir avec une certaine régularité (*).

Le foyer encéphalique des mouvements respiratoires étant déterminé, on a dû

(1) *Œuvres compl.*, t. I, p. 247 et 259 (Rapp. de Percy), avec des notes de Pariset. Paris, 1830.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 203.
(3) LONGET, *Expér. relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sur le syst. nerv.* (*Arch. génér. de méd.*, année 1847, t. XIII, p. 377).

(*) Dans le chapitre détaillé que nous avons précédemment consacré à l'étude de *l'influence du système nerveux sur la respiration* (t. I, 2e partie, p. 656 et suiv.), nous avons dit que FLOURENS, s'étant appliqué, depuis ses anciennes expériences, à définir avec une précision nouvelle le point de la moelle allongée qu'il appelle le *nœud* ou le *point vital*, le place actuellement « *à la pointe du V de substance grise* » existant en arrière de cet organe. — Nos expériences, celles de Schiff et de Brown-Séquard n'ont point confirmé le nouveau résultat annoncé par Flourens.

Si l'ablation de la moelle allongée, et même seulement d'une portion déjà indiquée de ce centre nerveux, suffit pour faire perdre immédiatement la vie à un *animal supérieur* (mammifère ou oiseau) qui ne saurait vivre au delà d'une à trois minutes sans respiration pulmonaire, il n'en est plus de même, d'après les recherches de BROWN-SÉQUARD (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1847, t. XXIV, p. 363, et *Bull. de la Soc. philom.*, 1849, p. 117), des animaux à sang froid qui respirent aussi par la peau. La durée de la vie peut se compter par *mois* pour les batraciens, par *semaines* pour quelques autres reptiles, par *jours* pour les poissons; puis par *heures* pour les animaux hibernants (pendant l'hibernation et en employant l'insufflation pulmonaire), et par *minutes* pour les oiseaux et les mammifères.

se préoccuper de l'idée de découvrir, dans la moelle épinière, les voies spéciales de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs.

Ch. Bell (1), admettant que la colonne antérieure de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires, et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements, que la colonne postérieure est en relation avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité; Ch. Bell, dis-je, a supposé que la colonne latérale était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*. Toutefois il admet que ces nerfs peuvent aussi contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaire postérieur et antérieur.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique, propre à entraîner la conviction.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni, par conséquent, obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais (*); mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir sensiblement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements très légers dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui d'ailleurs étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il semble permis de supposer que la colonne latérale et la colonne antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, *à l'exclusion de l'antérieure*. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les cordons antérieurs intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue ; et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux sur les mouvements respiratoires.

Quant aux cordons nerveux qui sont chargés de transmettre aux muscles respirateurs le principe de leur contraction, ils forment une classe spéciale de nerfs, composée : du *spinal*, dont une branche importante s'unit au nerf vague ; du *facial*, du *phrénique*, du *respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), des douze *nerfs inter-*

(1) *Exposition du système naturel des nerfs du corps humain*, trad. de Genest. Paris, 1825.

(*) Schiff (*Arch. de Tubingue*, 1853) dit qu'il a pratiqué avec succès la section isolée de l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sentiment étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côté de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon correspondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

costaux et de la *première branche antérieure lombaire* qui, par une division de son rameau iléo-scrotal, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen. — Plus tard, devant revenir avec détail sur l'ensemble de ces nerfs respiratoires, nous croyons pouvoir nous borner ici à cette simple énumération.

Si la partie de l'axe cérébro-spinal de laquelle dépendent les mouvements respiratoires est aujourd'hui connue et admise par tous les physiologistes, il s'en faut bien qu'il en soit de même des parties centrales du système nerveux qui gouvernent d'autres mouvements de conservation, tels que ceux du *cœur*, du *tube digestif*, etc.

II. Willis (1), qui fait dériver du cervelet tous les mouvements involontaires, pense que le nerf vague est l'intermédiaire principal à l'aide duquel le *cœur* tire de cette portion de l'encéphale le principe de ses mouvements. — Haller (2) avec son école, proclamant la doctrine de l'*irritabilité* et déclarant le cœur éminemment irritable par lui-même, regarde le sang comme son excitant naturel, et le système nerveux comme tout à fait étranger à ses contractions. — Prochaska (3), frappé de l'insuffisance de la théorie hallérienne, et d'ailleurs admettant la puissance nerveuse comme une des conditions d'où dépend l'irritabilité, fait émaner des ganglions du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions cardiaques. — Enfin, Legallois (4) affirme que le cœur soutire le principe de ses battements de *tous les points* de la *moelle épinière*, par l'entremise du grand sympathique qui provient de ce centre nerveux.

Sur des mammifères, j'ai à la fois enlevé le cervelet et reséqué les deux nerfs vagues : les contractions du cœur ont persisté jusqu'à la mort, arrivée généralement du second au troisième jour. Assurément, si l'opinion de Willis eût été fondée, la mort aurait dû survenir dans un laps de temps beaucoup plus court.

Haller et ses partisans, en preuve de l'indépendance dans laquelle le cœur serait du système nerveux, prétendaient : 1° que la stimulation des nerfs cardiaques ne cause aucun changement dans les contractions de cet organe, et ne les rappelle pas quand elles ont cessé ; 2° que l'irritation des moelles allongée et épinière ne produit aucun effet sur le cœur ; 3° que si l'on interrompt toute communication entre lui et le cerveau, « *source unique de la puissance nerveuse* », les mouvements cardiaques continuent comme auparavant, ce qui a lieu, par exemple, pour un cœur qu'on vient d'arracher de la poitrine d'un animal vivant.

Mais aucun de ces arguments n'est inattaquable. En effet, nous avons déjà démontré (page 248) que la stimulation électrique de certains nerfs du cœur peut changer ses pulsations ou les éveiller de nouveau quand elles viennent de s'éteindre, et que la même stimulation appliquée à d'autres nerfs du même organe (nerfs pneumogastriques) peut suspendre aussitôt ses contractions. — Les expé-

(1) *Cerebr. anat. nervorumque descript. et usus*, p. 195. Amsterdam, 1683.

(2) *Dissert. sur l'irritabilité*, dans *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps humain*, t. I, p. 72. Lausanne, 1756.

(3) *Comment. fonct. du syst. nerv.*, 1784, dans le 4e fascic. des *Adnot. acad.* de cet auteur, et réimp. dans ses *Opera minora* (Vienne, 1800).

(4) *Œuvres compl.*, avec des notes de Pariset. Paris, 1830, t. I, p. 144.

riences de Wedemeyer (1), et surtout celles de Wilson Philip (2), nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution d'opium ou d'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la *portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences avec l'alcool m'ont souvent réussi sur des animaux décapités. — La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve pas qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux; car il est permis de croire qu'elles continuent seulement jusqu'à ce que les ganglions de Remak et les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile aient dépensé, d'une manière périodique, et plus ou moins rapide selon l'espèce animale, toute la force nerveuse qu'ils tenaient en réserve.

Quant à l'opinion de Legallois qui fait résider dans la moelle épinière le principe des mouvements du cœur, et à celle de Prochaska qui fait émaner ce même principe des ganglions du grand sympathique, elles seront surtout discutées lorsque nous étudierons spécialement les fonctions du grand sympathique et celles de la moelle épinière : aussi n'en ferons-nous, en ce moment, qu'un exposé très succinct.

Selon Legallois (3), la destruction d'une des trois portions de la moelle épinière (*cervicale*, *dorsale*, *lombaire*) est nécessairement mortelle en très peu d'instants (deux à quatre minutes) chez les lapins âgés de plus de vingt jours; mais la destruction de la portion lombaire de cet organe tue les animaux moins vite que celle de sa portion dorsale, et surtout de sa portion cervicale, quoique l'insufflation pulmonaire soit pratiquée, dans les trois cas, avec toutes les précautions convenables. La cause de la mort, ajoute Legallois, doit être rapportée à l'arrêt de la circulation.

A peine l'opinion précédente commençait-elle à s'établir, que plusieurs physiologistes, Clift (4), Treviranus (5), Wilson Philip (6), Flourens (7), etc., parvinrent, après avoir détruit la moelle épinière et même tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois. Moi-même, dans les expériences que j'ai faites (1839-48) sur les cordons de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens *adultes*, retranché complétement la portion lombaire de cet organe, en y ajoutant la plus grande longueur de sa portion dorsale, et je n'ai vu survenir la mort que plusieurs heures après cette grave mutilation. Plus récemment, Brown-Séquard (8) a constaté que, après la destruction de la moitié (en longueur) de la moelle épinière, sur des pigeons, la vie peut durer aussi longtemps que chez ces oiseaux intacts. Le même observateur a conservé pendant près de trois mois (du 8 avril au 4 juillet) un jeune chat auquel il avait enlevé toute la moelle lombaire. L'animal est mort par accident étranger à cette lésion. — Les assertions de Legallois sont donc évidemment exagérées.

(1) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 325.
(2) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vit. Funct.*, etc., chap. II, p. 80, et chap. VI, p. 243.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 72 et suiv.
(4) MECKEL, *Deutsches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, 1815.
(5) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.
(6) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Funct.*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv.
(7) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 216 et suiv.
(8) *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, t. II, p. 29. — *Id. de l'Acad. des sc.* 1850, t. XXX, p. 828. — Et *Experim. Researches*, p. 15.

Toutefois il y aurait erreur à vouloir nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Les expériences concordantes de Clift (1), de Wilson Philip (2), de Wedemeyer (3), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (4) a également vu, chez des chiens mis à mort dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière, les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à que ques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. — Nous-même, ayant préalablement lié, sur ces animaux, les artères carotides primitives et les deux vertébrales, avons coupé la moelle au-dessous du bulbe rachidien; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit, à l'aide d'une tige de fer, toute la moelle épinière; aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte. — Ajoutons que, quand on fait passer un fort courant d'induction dans la moelle d'un animal fraîchement décapité, on accélère les pulsations du cœur, que Budge (*loc. cit.*), a vues cesser en dirigeant le même courant à travers le bulbe rachidien.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien (5).

Lorsqu'on détruit une portion notable de la moelle, indépendamment du trouble général qui peut avoir lieu dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois, Flourens, Treviranus, etc., sont arrivés à ce même résultat. Ce dernier physiologiste (6), après avoir détruit partiellement la moelle épinière sur des grenouilles, dit en effet avoir observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leur origine au niveau de la portion enlevée, les pulsations des artères diminuaient de force et de fréquence, et que la circulation finissait par s'arrêter tout à fait dans ces parties congestionnées. L'atteinte grave portée à la circulation locale capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter : on s'en est rendu compte, dans ces dernières années, en invoquant la paralysie de nerfs *vasculo-moteurs* qui, nés de la moelle, tiennent sous leur dépendance la contractilité des vaisseaux. Une dilatation permanente de ces derniers est la conséquence nécessaire de la précédente paralysie.

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 235.
(4) HORN'S *Archiv.*, 1817, p. 189. — *Untersuchungen zur Lebensnaturlehre*. Halle, 1818.
(5) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER (d'Angers), 3e édit., t. I, p. 132.
(6) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.

A l'appui de l'opinion de Prochaska, qui fait dériver plus spécialement des ganglions cervicaux du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions du cœur, on a surtout invoqué les observations de fœtus amyélencéphales chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on a répondu que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est pour ainsi dire qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est d'ailleurs dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales et essentiellement différentes de celles où se trouve l'enfant après la naissance ; et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur. D'après la remarque de Breschet et de Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux : cela ne pourrait-il suffire pour augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal? Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathique sont très riches en substance grise et en vaisseaux, et qu'ils semblent être des centres d'innervation, aussi bien que la substance grise de la moelle dont les faisceaux blancs ne sont au contraire que de simples conducteurs de l'agent nerveux.

On est d'autant plus porté à admettre que la seule intervention du grand sympathique est *d'abord* suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier ; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournissent isolément le principe nerveux. De la sorte, on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert, dans la substance même du cœur, de petits renflements ganglionnaires qui, peut-être, ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

III. Quant au *canal intestinal* qui, comme le cœur, se meut sans la participation de la volonté, et qui, comme lui, se contracte longtemps encore après son isolement du centre nerveux cérébro-spinal, il existe bien des incertitudes sur le véritable siége du principe de ses mouvements.

Aussitôt qu'ont cessé les mouvements péristaltiques de l'intestin, provoqués d'abord par l'impression de l'air, vient-on à verser de la potasse caustique sur les ganglions solaires ou bien à faire passer un courant électrique *assez faible* dans les grands nerfs splanchniques, on voit, au bout de quelques secondes, les contractions de tout l'intestin grêle reprendre leur vivacité (*) : J. Muller (2) a exécuté ces

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844.

(*) Nous avons vu plus haut (p. 249) qu'en employant le courant *énergique* d'un appareil d'induction, on peut, au contraire, faire cesser les mouvements de l'intestin grêle (PFLÜGER).

(2) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 629, trad. de Jourdan.

expériences avec succès sur des lapins, et je les ai reproduites, avec le même succès, chez des chiens. De plus, j'ai vu les mouvements intestinaux, déjà éteints, reparaître sous l'influence de la stimulation électrique de la moelle dorsale ou lombaire. Dans les maladies de cet organe, chez l'homme, on observe assez fréquemment une dilatation considérable de l'intestin, due à l'affaiblissement de sa tunique musculeuse et à la constipation opiniâtre qui en résulte.

Dans notre opinion, la substance grise des portions dorsale et lombaire de la moelle, les ganglions des plexus épigastrique, lombo-aortique et hypogastrique, quelques autres petits ganglions disséminés dans le mésentère, tels sont les foyers desquels procède la force excitatrice des contractions intestinales.

Cette manière de voir n'est pas partagée par tous les physiologistes : Bidder (1), par exemple, nie tout concours de la part de la moelle. Il dit qu'après l'avoir entièrement retranchée, chez des grenouilles, si ce n'est au niveau de la première vertèbre cervicale, il a vu les mouvements de l'intestin persister, et ces animaux survivre six et même dix semaines. Au contraire, les grenouilles mouraient au bout de neuf à quinze jours, si, le bulbe restant intact, l'encéphale était détruit ; elles succombaient avant le sixième jour, après la destruction de la moelle et de l'encéphale, sauf le bulbe. Or, selon Bidder, si les mouvements de l'intestin peuvent régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal, on ne peut plus chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions. Mais cet expérimentateur oublie sans doute que, dans toutes ces expériences, le bulbe est demeuré intact: sa conclusion n'est donc point rigoureuse. Sur un nombre considérable de grenouilles très vives auxquelles j'ai fait subir les précédentes mutilations, je n'ai pu, quoiqu'elles eussent survécu un temps suffisant, acquérir la parfaite certitude de la persistance *normale* des mouvements intestinaux chez aucune d'elles.

Je n'ai été ni plus convaincu, ni plus heureux en répétant les expériences de Budge (2) et celles de Valentin (3), qui admettent, dans l'*encéphale*, l'existence de faisceaux fibreux exerçant une action directe sur certains viscères, et, en particulier sur le canal intestinal : c'est ainsi que, d'après ces auteurs, la stimulation immédiate des corps striés, des couches optiques, du cervelet et de la base des pédoncules cérébraux, provoquerait des contractions dans ce canal. Les phénomènes que j'ai observés, sous ce rapport, ne m'ont point paru, à beaucoup près, être constants.

IV. Comme on le verra ailleurs, d'autres mouvements involontaires, moins importants que ceux du cœur, des intestins, ou de l'appareil respiratoire, sont aussi regardés comme dépendants de certaines régions circonscrites de l'axe cérébro-spinal. Pour l'instant, nous ne ferons plus que mentionner le siége du principe moteur des *cœurs dits lymphatiques* (4).

D'après Volkmann (5), les contractions rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle épinière: de la

(1) MULLER'S *Archiv.*, 1844, p. 359 et suiv.
(2) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841.
(3) *Repertorium*, t. VI, p. 359.
(4) J. MULLER, dans POGGENDORF'S *Annalen*, 1832. — *Philos. Transact.*, 1833, t. I. — *Abhandlungen der Acad. zu Berlin*, 1839. — PANIZZA, *Sopra il sistema linfatico dei Rettili, ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.
(5) *Archiv.* de J. MÜLLER, 1844, p. 419.

portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre, dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs ; et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres, dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (1), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (2). Si j'ai vu parfois les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs jours chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes ne paraissaient avoir conservé ni toute leur énergie, ni toute leur régularité (*).

V. D'après les graves atteintes que subissent la circulation et les phénomènes mécaniques de la respiration, quand le système nerveux vient à être lésé dans certains points de son étendue, on doit prévoir que les fonctions qui se lient à l'entretien et à l'activité du cours du sang, comme à l'exercice normal des forces respiratrices, puissent elles-mêmes être modifiées d'une manière fâcheuse par de semblables lésions : tels sont les actes de *nutrition*, de *sécrétion*, de *production de chaleur*, etc.

La question de savoir quelle part revient au système nerveux dans l'accomplissement du phénomène de l'*hématose*, est un des problèmes difficiles de la physiologie.

Le pneumogastrique semble n'exercer qu'une action indirecte sur l'hématose. Si, après la section de ce nerf, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes qui se développent dans les appareils respiratoire et circulatoire, et non peut-être dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. — Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi, selon nous, être pris en sérieuse considération.

Quand on a eu la précaution de ménager le libre accès de l'air dans les poumons, il est incontestable qu'après la section des pneumogastriques le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la *coloration du sang artériel;* que l'air est d'abord vicié, comme avant l'opération ; que l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc.

Il résulte, en effet, des expériences de Spallanzani (3), de Mayer (4), de Christison (5), etc., que, dans la conversion du sang veineux, il y a quelque chose de physique (absorption d'oxygène), et de chimique (coloration rouge), qui peut se passer du concours de l'innervation. Mais puisque, d'une part, la chimie laisse encore beaucoup à désirer sur les caractères différentiels des deux sangs ; que, d'autre part, après décapitation, malgré l'absorption d'oxygène et la coloration rouge obtenues par insufflation pulmonaire, on voit bientôt survenir le refroidissement et la mort, quel physiologiste oserait affirmer que l'hématose est restreinte

(1) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.
(2) *Ibid.*, p. 901, suppl. 8 janvier 1845.

(*) SCHIFF (*Ienaische Annalen*, t. II, p. 315) affirme avoir vu, sur des grenouilles, les cœurs lymphatiques postérieurs se contracter avec énergie *trois mois* après la destruction de la portion correspondante de la moelle.

(3) *Mémoire sur la respiration*. Genève, 1803.
(4) *Arch. génér. de médec.*, t. I, 1829.
(5) *Ibid.*, t. III, 1831.

à cette coloration, à cette absorption, et que la sanguification artérielle peut s'effectuer, *d'une manière complète*, sans le concours du système nerveux ? En admettant que ce dernier résultat soit possible sans les nerfs vagues, qu'on veuille bien ne pas perdre de vue l'existence du nerf grand sympathique. Confessons néanmoins que l'on ne sait rien sur son influence. L'impossibilité de couper toutes les branches qu'il donne aux plexus pulmonaires a été jusqu'à présent un obstacle insurmontable à ce qu'on pût découvrir, par des expériences, les usages du grand sympathique dans les phénomènes chimiques de la respiration. Quant à sa section, au col, on conçoit combien elle est insignifiante à cause des anastomoses inférieures de ce nerf, qui pourrait bien avoir ici des fonctions aussi importantes qu'elles sont mystérieuses.

Quoi qu'il en soit, l'opinion dans laquelle on regarde la vitalité du poumon comme ne prenant aucune part directe à la sanguification artérielle nous paraît une opinion prématurée et appuyée sur des preuves insuffisantes.

Krimer (1) prétend avoir observé qu'après la section des nerfs brachiaux et crureaux, sur des lapins ou des chiens, le sang veineux du membre blessé devient vermeil au bout de quatre à dix minutes ; qu'il redevient noir quand on fait communiquer le pôle positif d'une pile avec le cerveau et le pôle négatif avec les nerfs coupés; qu'il reprend, enfin, une teinte vermeille après qu'on a interrompu le passage du courant électrique. Les expériences d'Arnemann (2) n'ont pas confirmé ces résultats.

Sur des chiens, sans léser les vaisseaux principaux, j'ai divisé tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique, et, même trois jours après l'opération, le sang des artères et celui des veines offraient encore leur coloration respective. La désoxygénation du sang peut donc s'accomplir, au moins pendant un certain laps de temps, dans des tissus qui ne sont plus normalement soumis à l'influence nerveuse.

Toutefois, dans mes expériences, la nutrition du membre était évidemment altérée, comme l'a démontré le développement d'un œdème considérable qu'il ne

affectés de paralysie, et Schrœder van der Kolk (1) a constaté que, dans pareils cas, l'ossification de ces canaux avait souvent lieu. Baumgaertner (2), ayant reséqué le nerf sciatique d'une grenouille, et l'ayant galvanisé jusqu'à ce que l'irritabilité des muscles de la patte fût éteinte, a vu la circulation s'arrêter dans la membrane interdigitale: dans des expériences analogues, Treviranus (3) a observé que parfois elle cessait plus tôt dans les gros vaisseaux que dans les capillaires. Krimer (4) prétend que, d'abord accélérée, la circulation se ralentit bientôt, et qu'alors l'application du sel marin sur la membrane interdigitale ne produit plus la rougeur et l'ampliation des vaisseaux capillaires, comme cela s'observe d'ordinaire sur une patte intacte. Le même auteur rapporte (5) que chez un chien, après la section du nerf crural, le sang ne jaillit de l'artère crurale qu'à la hauteur de six pouces, tandis qu'auparavant il formait un jet de six pieds. Chez le cheval, après la section des nerfs de la verge, Günther (6) dit que cet organe se gonfla, sortit du fourreau et s'ulcéra : Wedemeyer (7) avait déjà rapporté la même observation, et Bichat (8) avait aussi remarqué l'inflammation et la suppuration des testicules après la section des nerfs spermatiques.

Plusieurs mois après la résection du nerf sciatique chez des chiens, j'ai vu la patte se couvrir de plaques gangréneuses, perdre ses poils, ses griffes, et les muscles éprouver un commencement de dégénérescence graisseuse.

Chez des grenouilles, dans des cuisses séparées du corps, Koch (9) n'a pu voir la circulation continuer au delà de trois minutes; tandis qu'elle persistait pendant un quart d'heure ou une demi-heure, surtout dans les capillaires, quand il avait divisé seulement les vaisseaux et les muscles, *en conservant les nerfs*. Baumgaertner (10) affirme que la circulation ne se rétablit point à l'aide des anastomoses, lorsqu'en liant l'artère principale d'un membre, on a en même temps détruit ses cordons nerveux.

Les différences qui existent entre plusieurs des effets que nous venons de signaler s'expliquent sans doute par la perte ou le maintien de la contractilité des vaisseaux, contractilité dépendante *directement* du système nerveux.

On sait combien l'intervention du nerf trijumeau (cinquième paire) est nécessaire pour entretenir les organes des sens, et spécialement l'organe de la vue, dans leur intégrité matérielle et physiologique. Herbert-Mayo (11) fut un des premiers à fixer l'attention sur ce fait important, en citant un cas de lésion de la cinquième paire chez un homme qui avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la face, l'usage des sens du même côté; son œil était enflammé et la cornée ulcérée à sa surface; le côté gauche de la face était œdémateux. Des observations analogues, avec des altérations plus profondes encore

(1) *Observat. anat. pathol. et pract. argum.* Amsterdam, 1826.
(2) *Physiol.* de BURDACH, trad. de Jourdan, t. VII, p. 19.
(3) *Biologie*, t. IV, p. 646.
(4) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 163.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 136.
(6) *Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneywissenschaft*, cah. I. Hanovre, 1837, p. 214.
(7) MECKEL'S *Arch. für Anatom.*, 1828, p. 364.
(8) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort*, 5e édit. Paris, 1829, p. 506.
(9) MECKEL'S *Arch. für Anat.*, 1827, p. 443.
(10) *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*, p. 155.
(11) *Anat. and Physiol. Comment.* London, 1823. — Extrait dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 356.

du globe oculaire, ont été publiées par Serres (1), Abercrombie (2), Stanley (3), Montault (4), etc.

La section intracrânienne du trijumeau, au niveau du ganglion semi-lunaire, pratiquée sur des animaux par Magendie (5) et par moi (6), a donné lieu aux mêmes lésions de nutrition signalées d'abord par Herbert-Mayo.

Quelques symptômes de la névralgie faciale, qui siége évidemment dans le nerf trijumeau (*), attestent l'influence de cette paire nerveuse sur les sécrétions et la nutrition : ainsi le tic douloureux siége-t-il dans la branche ophthalmique, il y a, indépendamment de la douleur qui s'irradie dans les branches frontales, une sécrétion abondante de larmes, une injection vive et passagère de la conjonctive; est-ce le rameau nasal qui est affecté, il survient un vif picotement à la pituitaire, qui d'abord se dessèche, puis, vers la fin de l'accès, donne écoulement à une grande quantité de matières muqueuses. Une salivation abondante accompagne les névralgies maxillaires. Mais ce n'est pas tout encore : dans les névralgies de la cinquième paire, on voit la *peau* de la face *rougir*, et les artères plus rénitentes semblent battre plus fortement. Quand les accès avaient duré pendant longtemps, on a vu le côté correspondant de la face s'hypertrophier, et, dans plusieurs observations de névralgie sus-orbitaire, il est dit que les cheveux du côté malade étaient devenus plus épais et que leur croissance s'était faite plus rapidement; d'autres fois les cheveux tombèrent, ou le côté affecté s'atrophia. — Comment dès lors méconnaître l'influence de la cinquième paire sur les actes nutritifs et sécrétoires?

Toutefois il importe de rappeler que, dans un assez grand nombre d'observations de lésion de ce nerf, on n'a constaté que la perte ou la perversion de la sensibilité, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion. Nous interpréterons plus tard cette donnée si intéressante au point de vue physiologique.

L'influence de la portion cervicale du grand sympathique sur la nutrition du globe oculaire n'est pas moins remarquable que celle du trijumeau. Après l'ablation des ganglions cervicaux supérieurs sur des chiens, Pourfour du Petit (7) a vu l'œil correspondant devenir chassieux, diminuer de volume, s'atrophier, et se ternir au point que l'animal ne pouvait presque plus voir. Molinelli (8) dit avoir observé, à la suite de cette opération, un changement de couleur dans l'iris,—fait que je n'ai pas vu se reproduire chez un chien que j'ai conservé pendant trois mois et demi après l'expérience (9). — Ayant supprimé la portion cervicale du grand sympathique sur des chiens, Arnemann (10) remarqua d'abord une sécrétion plus abondante de larmes, puis l'opacité de la cornée, avec inflammation de la conjonc-

(1) *Anat. comp. du cerveau, etc.*, 1827, t. II, p. 67; et dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1825, t. V, p. 233.
(2) *Maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin, 2e édit., 1835, p. 617.
(3) *Ouvr. cit.* d'ABERCROMBIE, p. 619.
(4) *Journ. de physiol. expérim.*, 1829, t. IX, p. 113.
(5) *Ibid.*, 1824, t. IV, p. 176.
(6) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 158, 161.

(*) L'existence de névralgies propres au nerf facial est loin d'être démontrée.

(7) *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1727. — Lettres concernant des réflexions sur les découvertes faites sur les yeux. Paris, 1732.
(8) *Comment. inst. Bonon.*, 1755, t. III : *De ligatis sectisque nervis octavi paris.*
(9) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 628.
(10) *Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren*, p. 67, 85, 87, 89, 97.

tive et augmentation de la sécrétion muqueuse. Dans un cas (1), il survint même à la cornée un abcès dont l'ouverture détermina la procidence de l'iris et la chute du cristallin dans la chambre antérieure. Dupuy (2), après l'ablation des ganglions gutturaux sur le cheval, mentionna, entre autres phénomènes, une injection très prononcée de la conjonctive.

Dans l'opinion d'un certain nombre de physiologistes, opinion que mes propres expériences m'empêchent d'admettre d'une manière absolue, la section des nerfs pneumogastriques arrête complétement la production du suc gastrique, et, par conséquent, le travail de la *digestion*.

On connaît les altérations profondes des poumons, chez les animaux dont les pneumogastriques ont été coupés, altérations telles que les conditions physiques essentielles à l'accomplissement de l'hématose disparaissent progressivement de ces organes.

J. Müller et Peipers (3) ont constaté que la sécrétion urinaire pouvait s'interrompre, et que le tissu même des reins ne manquait jamais de se ramollir, après la mortification des nerfs rénaux. D'autres fois l'urine a continué de couler, mais elle était profondément modifiée dans sa composition.

Si l'on arrivait aussi à supprimer entièrement l'influence de tous les nerfs qui se rendent aux glandes salivaires et lacrymales, il est donc probable que les fluides particuliers qu'elles sont appelées à produire ne seraient plus sécrétés ou du moins qu'ils n'auraient plus leurs qualités ordinaires. A en juger par la salivation qui accompagne les névralgies maxillaires, par la sécrétion abondante de larmes qui survient dans les névralgies de la branche ophthalmique, la cinquième paire doit influencer la sécrétion des glandes indiquées; il est présumable qu'elle agit également sur les glandes des joues, des lèvres, du voile du palais, etc., et que le glosso-pharyngien a aussi quelque action sur la sécrétion des tonsilles, sur celles des nombreux follicules qui font partie de la membrane tégumentaire de la base de la langue, etc.

Mais des expériences que j'ai publiées en 1842 (*ouvr. cit.*, t. II, p. 178) m'ont démontré que la cinquième paire n'influence pas seule la sécrétion de la salive et des larmes. Sur plusieurs chiens, auxquels j'avais *reséqué* les deux nerfs linguaux au-dessus et en arrière des glandes sous-maxillaires, j'ai vu, après la guérison (*), la salive s'écouler encore assez abondamment, *au-dessous de la langue*, dans l'intérieur de la bouche. — Quant à la sécrétion des larmes, quoique sensiblement diminuée, elle ne m'a pas paru être complétement supprimée, après la section intracrânienne de la cinquième paire, chez les lapins.

Puisque de nombreux filets du ganglion cervical supérieur, enlaçant les divisions de l'artère carotide externe (artères faciale, linguale, temporale, maxillaire interne, etc.), pénètrent dans l'épaisseur de toutes les glandes salivaires; que beaucoup d'entre eux semblent même aboutir à la plupart des muqueuses céphaliques et à celle du pharynx, si richement pourvue de glandules mucipares; puisqu'enfin des filets appartenant au rameau carotidien du ganglion cervical supérieur parviennent, en accompagnant les artères lacrymales, jusqu'aux glandes du

(1) *Ouvr. cit.*, p. 70.
(2) *Journal de méd.* de CORVISART, 1816, t. XXXVII. p. 340.
(3) PEIPERS, *De nervorum in secretiones actione*. Berlin, 1834.

(*) L'examen des parties, après la mort, a d'ailleurs prouvé que les bouts des nerfs n'étaient point réunis.

même nom, comme l'ont démontré Chaussier et Ribes; une semblable répartition du ganglion cervical supérieur et les expériences précédentes autorisent donc à croire que cette portion du grand sympathique ne doit pas non plus être sans influence sur les sécrétions indiquées. — De récentes recherches sont venues confirmer cette prévision.

Comme preuve de l'influence que le système nerveux exerce sur les sécrétions, nous citerons encore l'expérience suivante : une piqûre, faite en un point déterminé du bulbe rachidien, accumule le sucre dans le sang, par une sorte d'excitation sécrétoire du foie, et bientôt le sucre apparaît dans l'urine sécrétée ; au contraire, la section des nerfs pneumogastriques entraîne la cessation de la formation du sucre dans le foie, et l'on ne retrouve plus trace de ce principe immédiat dans les veines sus-hépatiques qui en charrient à l'état normal (Claude Bernard).

VI. Si, par suite des troubles divers auxquels il est sujet, le système nerveux peut activer, affaiblir ou même parfois enrayer la nutrition et les sécrétions, il peut également imprimer de grandes variations *à la chaleur animale*.

Mais ce n'est pas une raison pour regarder, avec quelques physiologistes, ce système comme la source de la chaleur développée par les animaux : on a vu, par les expériences rapportées plus haut, qu'un des premiers effets de la suppression de l'influence nerveuse, dans une partie du corps, était le ralentissement de la circulation chargée d'y apporter le liquide nourricier. Quant à la division des nerfs pneumogastriques, à la destruction de la moelle à diverses hauteurs (1), il est assurément bien permis de soutenir qu'elles n'abaissent la température qu'en compromettant directement la respiration, source *principale* de la chaleur animale. Si l'on a vu des animaux, auxquels on avait enlevé l'encéphale et le *bulbe*, se refroidir, malgré l'insufflation artificielle, plus rapidement que d'autres tués sans avoir subi cette mutilation préalable (2), cela ne prouve rien en faveur de l'influence du système nerveux, rien contre l'influence de la respiration sur la température; car, puisque Legallois lui-même (3) a reconnu que l'insufflation artificielle ne peut être assimilée, en tous points, à la respiration naturelle, et que, pratiquée sur un animal entier et parfaitement sain d'ailleurs, elle finit par le refroidir, il n'est donc pas surprenant que le même effet se produise chez un animal dépourvu d'encéphale et de centre nerveux respiratoire.

Enfin, si, après l'ablation des lobes cérébraux, sur des chiens, on a constaté un refroidissement notable (4), cela ne saurait signifier que l'influence du cerveau fût *immédiatement* nécessaire au dégagement de la chaleur animale : quel expérimentateur ignore, en effet, le peu de temps que les mammifères survivent à l'ablation de leurs hémisphères cérébraux? Et dès lors quoi de plus rationnel que de conclure que ces animaux se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants? C'est sur des oiseaux, qui résistent pendant plusieurs semaines à une pareille mutilation, qu'il fallait tenter l'expérience. Or, dans le petit nombre d'essais que j'ai pu faire sur des pigeons privés de leurs lobes cérébraux, je n'ai point trouvé, au douzième jour

(1) WEINHOLDT, *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25. — WILSON PHILIP, *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vit. Funct.*, etc. London, 1818. — CHOSSAT, *Influence du syst. nerv. sur la chaleur animale.* (dis. inaug.) Paris, 1820.

(2) BRODIE, *Philos. Transact.*, 1811, p. 4 ; 1812, p. 378.

(3) *Œuvres compl.*, édit. 1830, avec des notes de Pariset, t. II, p. 22 et suiv.

(4) WEINHOLDT, *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 25.

de l'opération, que leur température différât de celle d'autres pigeons intacts et de même âge.

On ne saurait nier assurément une diminution fréquente et notable de la température dans les membres atteints de paralysie : c'est surtout dans la myélite chronique, avec perte du sentiment et du mouvement, que ce phénomène apparaît ; et, s'il n'est pas toujours bien appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment, et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis. Toutefois, même dans les paralysies par lésions traumatiques des nerfs, on peut aussi, comme le démontrent les recherches d'Earle (1), constater, à l'aide du thermomètre, que la température d'un membre paralysé est inférieure à celle du membre sain. Un marin dont le plexus brachial avait été déchiré par des fragments de la clavicule eut le membre correspondant paralysé du sentiment et du mouvement. La chaleur de la main saine était ordinairement de 92° Fahr., et celle de la main paralysée de 70° ; la différence de température était moins prononcée à mesure qu'on se rapprochait du tronc, et l'on pouvait faire varier la température de 70° à 77°, en dirigeant un courant électrique dans le membre (2). Une jeune fille, qui avait eu le nerf cubital coupé au-dessus du poignet, offrit, dans l'intervalle de l'auriculaire et de l'annulaire, une température plus basse que dans l'intervalle des autres doigts (3).

Toutefois il faut savoir que la caloricité est loin d'être toujours diminuée dans les parties atteintes de paralysie, et nous verrons bientôt que la raison de ces différences a été rapportée à une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs. Dans ces derniers temps, beaucoup d'expérimentations sont venues confirmer l'ancienne assertion de Nasse, à savoir : qu'un excédant de température peut s'observer dans les membres postérieurs soustraits à toute espèce d'influence nerveuse. La stase du sang, par suite de la paralysie des artères, a été invoquée pour rendre compte de pareils faits ; et, comme on le sait, le sang est en effet à la fois agent producteur et distributeur de la chaleur.

Krimer (4) dit avoir constaté que l'irritation de la moelle allongée par l'ammoniaque liquide élève la température du corps entier, et que la stimulation d'un nerf avec la pointe d'une épingle, augmente la chaleur de la partie à laquelle il se rend. — Mais ces différents faits ne démontrent point l'influence *directe* du système nerveux sur le développement de la chaleur animale. Au contraire, ce système ne paraît concourir à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrice et circulatoire, qu'il accélère, retarde ou suspend suivant les troubles divers qu'il subit lui-même. Je ne fais que rappeler, en passant, les cas nombreux où l'amoindrissement de la circulation a été constaté dans les membres frappés depuis longtemps de paralysie. Si Krimer a réellement vu que l'irritation de la moelle allongée par l'ammoniaque liquide élève la température de tout le corps, c'est que par ce moyen il avait dû activer le foyer d'où émane le principe des mouvements de la respiration ; et s'il a reconnu que la chaleur devient plus élevée dans une partie dont on stimule le nerf, ce phénomène s'explique encore par l'afflux plus considérable du sang dans la partie observée.

(1) *Cases and Observations illustrating the Influence of the Nervous System in regulating Animal Heat.* (*Med. Chir. Transact.*, 1819, t. VII, 2e édit., p. 173.)
(2) *Rec. cit.*, p. 176.
(3) *Ibid.*, p. 180.
(4) *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.

dans une plaie pratiquée sur le membre postérieur fortement étreint par
ture qui ne comprenait point les principaux nerfs, et l'effet fut nul tant
igature resta appliquée ; aussitôt qu'elle fut enlevée, les accidents de l'in-
on se manifestèrent.

arié la première expérience de Brodie de la manière suivante. Sur deux
je divisai tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique ;
ez l'un, je versai une solution concentrée de chlorhydrate de strychnine
e incision faite au membre, après avoir attendu néanmoins que tout écou-
sanguin eût cessé ; chez l'autre, j'attendis jusqu'au troisième jour pour pra-
n même lieu une plaie d'égale étendue, qui bientôt aussi devait être mise en
avec le poison. Dans le premier cas, les convulsions survinrent au bout
ques minutes ; dans le second, elles ne commencèrent à paraître que bien
d.

s avoir injecté, à diverses reprises, une solution alcoolique de strychnine
s voies respiratoires de chiens auxquels j'avais coupé la paire vague, j'ai
des résultats analogues aux précédents, c'est-à-dire que constamment
cation a été plus rapide le premier jour de l'opération que le second, et
que le troisième jour ; d'où il semble résulter qu'ici l'activité de l'absorp-
ninue en raison directe de l'engouement pulmonaire (2).

oulu également savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la résection
nitième paire, donneraient lieu ou non à leurs effets ordinaires. Dupuy (3)
het (4) sont pour la négative : J. Müller et Wernscheidt (5) se prononcent
affirmative.

choisi deux chiens de même taille, qui avaient jeûné depuis environ
ix heures, et, après avoir reséqué la paire vague de l'un, j'ai versé, à l'aide
onde œsophagienne, dans l'estomac de chacun d'eux, une quantité égale
dutum assez concentré d'azotate de strychnine. Les accidents convulsifs sont
s, chez le chien opéré, à peu près cinq minutes plus tard que chez celui
vait de terme de comparaison : du reste, dans les deux cas, les convulsions
emblé avoir une égale intensité.

autre fois, en procédant de la même manière, j'ai administré une solution

Quoi qu'il en soit de ces différences et de leurs causes, on voit que, dans les deux cas, l'absorption a eu lieu. Il est vrai qu'ici on ne peut pas conclure, avec certitude, que cet acte soit indépendant de toute influence nerveuse, puisque de nombreuses divisions du grand sympathique avaient été forcément épargnées.

La même remarque s'applique aux expériences de Panizza (1). Ce physiologiste coupa sur des lapins tous les rameaux des nerfs trijumeau et facial qui se rendent à la lèvre supérieure ; puis, ayant touché la surface interne de cette partie avec de l'acide cyanhydrique, il vit l'empoisonnement survenir tout aussi vite que quand les nerfs précédents étaient intacts. Chez des chiens, il reséqua aussi les trois paires nerveuses qui se distribuent à la langue, et l'application de l'acide cyanhydrique sur cet organe tout seul n'en donna pas moins lieu aux accidents ordinaires. Mais, dans ces cas encore, il restait tous les innombrables filets nerveux végétatifs qui, enlacés autour des parois artérielles, aboutissent aux parties indiquées.

S'il est expérimentalement démontré que l'intervention des nerfs cérébro-spinaux n'est pas indispensable pour que les actes d'absorption s'accomplissent, on est bien forcé d'avouer qu'on ignore quelle peut être ici la part du système nerveux ganglionnaire. Disons à l'avance qu'assez généralement on admet que ce système n'influence l'absorption que *médiatement*, c'est-à-dire en modifiant d'abord la circulation capillaire.

Après avoir mis hors de doute l'intervention du système nerveux notamment dans les phénomènes de circulation capillaire, de nutrition, de sécrétion et de production de chaleur, il nous faut chercher à caractériser cette intervention dans son mode, à savoir si elle est *directe* ou *indirecte*, et si l'on doit la rapporter à une portion *spéciale* du système nerveux.

C'est une opinion généralement adoptée aujourd'hui par les physiologistes, que les vaisseaux sont doués non-seulement d'élasticité, mais d'une contractilité vivante influencée par les fibres nerveuses qui les accompagnent (*). Or, ces fibres ou plutôt ces tubes nerveux (*vaso-moteurs*) dont les uns arrivent directement à leur destination, dont les autres n'y parviennent qu'en traversant d'abord des ganglions, mais qui tous proviennent en définitive de l'axe cérébro-spinal, ces tubes nerveux, disons-nous, sont réputés n'intervenir dans les actes organiques qui nous occupent qu'en modifiant la propriété contractile des vaisseaux sanguins. Nul doute qu'en augmentant ou en diminuant, par les divers états de contraction ou de dilatation des vaisseaux, la vitesse du cours du sang et la tension sanguine, le système nerveux ne puisse amener des changements dans les précédents actes de la vie

(1) *Mem. dell' I. R. Istit. Lomb.*, 1841, t. I.

(*) Consultez, à ce sujet, principalement : HEWSON, *Experim. Inquir.*, etc., t. II, p. 14. — PARRY, *On the Arteria Pulse*. Bath, 1816. — HASTINGS, *On Inflammation of the Mucous Membranes*. Londres, 1820. — VERSCHUIR, *De art. et ven. irritabil.*, exp., 5, 7, 8, 13, 14, 17, 18. — OPPENHEIM, *Experim. circà vitam arteriarum*. Manheim, 1822, exp. 1, 9, 12. — WEDEMEYER, *Ueber den Kreislauf des Blutes*. Hanovre, 1828. — BAUMGAERTNER, *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*. Fribourg, 1830. — STILLING, *Spinal Irritation*, p. 163. — SCHWANN, *Berlin. Encyclop.* art. *Gefässe*, p. 229. — HENLE, *Anat. génér.*, trad. franç. de Jourdan, t. II, p. 44. — CL. BERNARD, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1852, t. XXXIV, p. 472 ; et *Comptes rendus de la Société de biologie*, oct. et nov. 1852. — BROWN-SÉQUARD, *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489, et *Experim. Researches*, etc., 1853, p. 73. — BUDGE et WALLER, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1853, t. XXXVI, p. 377 et suiv. — SCHIFF, *Comptes rendus de la Société des naturalistes de Berne*, 1856, p. 69.

végétative; mais ce système se borne-t-il en effet à agir seulement comme régulateur du cours du sang? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait-on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède?

Entre les nerfs sensitifs et les nerfs vaso-moteurs il existe un consensus que démontre l'observation directe : le mamelon, par exemple, s'érige, quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs; la peau de la face, nous l'avons dit plus haut, rougit, et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé; l'écoulement de la salive succède à la stimulation de la muqueuse buccale; la sécrétion des larmes, d'ordinaire si abondante quand on excite la conjonctive, et l'injection de cette membrane ne s'observent plus d'abord, au même degré, après la section du trijumeau qui entraîne l'anesthésie de la surface de l'œil, etc.

Mais ces exemples, et tant d'autres que nous pourrions citer, ne sauraient faire admettre une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs s'exerce uniquement dans une direction centripète, et que les actes précédents nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à accorder cette influence aux fibres nerveuses vaso-motrices; à reconnaître que la fonction des unes se trouve liée, jusqu'à un certain point, à l'intégrité des autres, et par conséquent à admettre une sorte de *réflexion* ou de réactivité de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs vasculaires, réflexion qui s'accom-

nerf sympathique, qui ne produit ni l'immobilité des muscles, ni la perte de sensibilité, amène une augmentation de température constante et très considérable.— 4° Maintenant, si l'on coupe un tronc nerveux *mixte* qui renferme à la fois des nerfs de sentiment, de mouvement et des filets sympathiques, on a les trois effets réunis, savoir : paralysie de mouvement, paralysie de sentiment, et exaltation de caloricité... Toutefois on comprendra que la calorification doive être, dans ce dernier cas, un peu moins prononcée, parce qu'elle est alors contre-balancée par l'abaissement que détermine simultanément la paralysie des nerfs de mouvement et de sentiment. — 5° D'après cela, je crois donc avoir établi avec raison que l'augmentation de caloricité est le résultat spécial de la section du nerf sympathique. »

Suivant Schiff (1), qui d'ailleurs n'admet point que cette dernière influence appartienne exclusivement au grand sympathique, ce ne serait pas la suppression d'action des nerfs de sentiment ou de mouvement qui causerait le refroidissement des membres paralysés : l'abaissement de température serait due à l'extension passive et permanente de ces parties. « Si, dit-il, on coupe, chez un mammifère, tous les nerfs de l'un des membres postérieurs, et qu'on donne ensuite à tous les deux la même position, le membre paralysé, loin d'être le plus froid, est sensiblement le plus chaud, notamment à la jambe et au pied. »

Schiff (2) pense être le premier qui ait invoqué la stase du sang, par suite de la dilatation paralytique des artères, pour expliquer l'excédant de température dans les parties soustraites à l'influence nerveuse. Brown-Séquard (3), Cl. Bernard (4), Waller (5), ont démontré qu'en faisant cesser cette dilatation, c'est-à-dire en excitant la contraction des mêmes vaisseaux à l'aide du galvanisme, on déterminait le refroidissement des parties, par suite de l'expulsion du sang (*).

VI. — DU POUVOIR RÉFLEXE ET DES MOUVEMENTS QUI EN DÉPENDENT.

Une impression faite à nos organes peut donner lieu à des mouvements de nature bien distincte. Ainsi, tantôt transmise à l'encéphale directement par les nerfs sensitifs crâniens, ou indirectement par l'entremise de la moelle épinière et des racines spinales postérieures, elle va s'élaborer dans la région encéphalique où réside le *sensorium commune*, s'y transforme en sensation, et, par conséquent, arrive à la connaissance de l'animal qui peut réagir par des *mouvements volontaires ;* tantôt, également transmise par les nerfs sensitifs, soit à une partie déterminée de l'encéphale, soit à la moelle épinière, cette impression occasionne, sans se transformer nécessairement en sensation, une incitation immédiatement réfléchie sur les nerfs moteurs, et de là résultent des *mouvements* dits *réflexes*, à la production desquels la volonté ne prête plus son concours.

La puissance qui donne ainsi lieu à des mouvements sans la participation de la volonté a été considérée comme une faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien;

(1) *Untersuchungen zur Physiol. des Nervensystems*, etc., Francfort-sur-le-Mein, 1855. — Id., *Arch. de Tubingue*, 1854, et *Mém. de la Société d'hist. nat. de Berne*, 1856.

(2) Dans la thèse inaug. de F. MEYER, intitulée : *De paralysi nervi trigemini*. Francfort-sur-le-Mein, 1847, p. 30.

(3) *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489.

(4) *Comptes rendus de la Société de biologie*, oct. et nov. 1852.

(5) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1853, t. XXXVI, p. 378 et suiv.

(*) Pour plus de détails, voyez les chap. *Circulation* et *Chaleur animale*, t. Ier, 2e partie.

on l'a désignée sous les noms de *pouvoir réflexe*, *faculté* ou *propriété excito-motrice*.

La plupart des phénomènes dépendants de la *réflexion* des impressions faites aux nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal regardé comme centre indispensable de cette réflexion, furent observés, puis proclamés de la manière la plus explicite, au commencement de ce siècle, par Prochaska, qui déjà avait aussi reconnu qu'ils peuvent se produire avec ou sans conscience : « *Notandum est quod ista* reflexio, *vel anima inscia*, *vel verò anima inscia*, *fiat* (1). »

Les auteurs qui, avant nous, s'étaient occupés de l'étude des mêmes phénomènes, ayant passé sous silence les intéressantes recherches de ce physiologiste, nous croyons devoir réparer cet oubli, en citant, comme nous le fîmes déjà en 1842, quelques extraits de ses ouvrages, que nous avons traduits presque littéralement :

« Les impressions externes qui se font par les nerfs sensitifs, dit Prochaska (2), « propagent avec rapidité en suivant toute la longueur de leur trajet jusqu'à leur origine ; dès qu'elles y sont parvenues, *elles s'y réfléchissent*, d'après une loi constante, et passent dans les nerfs moteurs correspondants; d'où des mouvements constants et déterminés dans les muscles (p. 150-151).

« Le siége du *sensorium commune* s'étend jusque dans la moelle, ainsi que le prouvent les mouvements qui subsistent chez les animaux décapités, mouvements qui ne peuvent se produire sans une sorte de *consensus* entre les nerfs spinaux : ainsi, lorsqu'on pique une grenouille *décapitée* (p. 153), non-seulement elle retire la partie lésée, mais encore elle rampe, elle saute, ce qui ne peut avoir lieu sans l'action synergique des nerfs sensitifs et moteurs, action qui a son siége dans la moelle épinière, la seule partie qui reste des centres nerveux (*).

« La condition générale qui domine la *réflexion* des impressions sensorielles sur les nerfs moteurs, c'est l'instinct de la conservation individuelle (p. 154). »

Puis, pour prouver l'exactitude de son assertion, Prochaska cite plusieurs phénomènes dans lesquels la conscience intervient, et dont voici les plus remar-

« Il est certain, dit-il (p. 157), que, sans que l'âme en soit avertie, des impressions sensorielles peuvent *se réfléchir* sur les nerfs moteurs, comme le prouvent les phénomènes qui se passent chez les apoplectiques ayant perdu toute conscience d'eux-mêmes : ils ont le pouls élevé et la respiration large; ils lèvent la main et l'approchent très souvent, sans s'en apercevoir, du lieu de leur affection.

» Il en est de même dans les convulsions épileptiques et dans les mouvements que l'on observe, indépendamment des contractions du cœur et des mouvements respiratoires, chez les personnes profondément endormies; en effet, elles retirent leurs membres lorsqu'on vient à les piquer ou à les irriter légèrement.

» A cette même catégorie de phénomènes, il faut rapporter les mouvements qui suivent les pincements sur le corps de l'homme et des animaux décapités, et qui, ayant lieu sans conscience, sont régis par la moelle épinière. »

Enfin Prochaska (p. 158), après avoir rappelé l'éternument consécutif à des irritations de la pituitaire, la toux qui succède à la stimulation de la muqueuse de la trachée, mentionne encore comme *effets réflexes* le vomissement déterminé par la titillation du pharynx, le tremblement dans les accès des fièvres intermittentes, les mouvements convulsifs de la danse de Saint-Guy, etc.

Ces diverses citations paraîtront sans doute suffisantes pour établir les droits de Prochaska à une découverte fondamentale dont nous signalerons plus tard les nombreuses applications.

Après lui (1), Legallois, dont les recherches furent publiées en 1812, rappela l'attention sur le *pouvoir propre* ou excito-moteur de la moelle épinière séparée de l'encéphale.

En effet, cet expérimentateur combattit l'ancienne opinion dans laquelle on regardait la moelle seulement comme un gros nerf, et le cerveau comme le *foyer unique* de la puissance nerveuse : il avança, au contraire, que « le *principe du sentiment et des mouvements du tronc a son siége dans la moelle*... (t. Ier, p. 134.) Non-seulement, dit-il, la vie du tronc dépend en général de la moelle épinière, mais celle de chaque partie dépend spécialement de la portion de cette moelle dont elle reçoit des nerfs; en sorte qu'en détruisant une certaine étendue de la moelle épinière, on ne frappe de mort que les parties qui reçoivent leurs nerfs de la moelle détruite (p. 135). »

Lorsque, d'après la remarque de Legallois (p. 15, *ibid.*), on a décapité une salamandre *sur les premières vertèbres*, de manière à enlever tout l'encéphale, elle peut continuer de vivre pendant plusieurs jours; mais, quoiqu'elle fasse mouvoir son corps ou ses membres avec autant de force qu'il en faudrait pour se transporter d'un lieu à un autre, elle reste à la même place, et l'on peut la laisser sur une assiette, avec un peu d'eau, sans craindre qu'elle s'échappe. Si l'on examine tous ses mouvements, on voit qu'ils sont déréglés et sans but. Elle meut ses pattes en sens contraire les unes des autres, en sorte qu'elle ne peut avancer, ou que si elle fait un pas en avant, elle en fait bientôt un autre en arrière.

On observe la même chose, ajoute Legallois, dans les grenouilles décapitées à la même hauteur; cependant « tous ces animaux font, en général, peu de mouvements, *à moins qu'on ne les touche;* et l'on conçoit que cela doit être, puisque de tous les sens il n'y a plus que le toucher qui puisse leur transmettre des impressions (p. 16, *ibid.*). »

(1) *Œuvres complètes*, édit. avec des notes de Pariset, t. I.

Le même expérimentateur fait encore observer que les phénomènes précédents, constatés sur des reptiles, se reproduisent dans les animaux à sang chaud; mais que, comme ces derniers ne peuvent être entretenus vivants qu'à l'aide de l'insufflation pulmonaire, ils sont moins propres aux recherches dont il s'agit que les reptiles, qui peuvent se passer pendant fort longtemps de la respiration pulmonaire. Néanmoins, pour démontrer que la moelle est aussi une véritable source excito-motrice chez les mammifères, Legallois (1) rapporte l'expérience suivante, dans laquelle la décapitation n'a pas été pratiquée. Chez un lapin, il coupe la moelle transversalement, entre la dernière vertèbre dorsale et la première lombaire. Après cette opération, comme le remarque Legallois, le sentiment (sans conscience) et le mouvement persistent dans le train de derrière; mais il n'y a plus aucun rapport de sentiment ni de mouvement entre les parties antérieures et postérieures à la section de la moelle, *c'est-à-dire que si l'on pince la queue ou bien l'une des pattes antérieures, tout le train de derrière s'agite*, tandis que celui de devant n'en paraît rien ressentir et demeure immobile. Réciproquement, si l'on pince une oreille ou l'une des pattes de devant, les parties antérieures s'agitent, mais les postérieures demeurent sans mouvement. En un mot, la section de la moelle a évidemment établi, dans le même animal, deux centres d'innervation bien distincts et indépendants l'un de l'autre; « on pourrait même dire, ajoute Legallois, deux centres de volonté, si les mouvements que fait le train de derrière, quand on le pince, supposaient la volonté de se soustraire au corps qui le blesse. »

Aucun expérimentateur n'a reconnu plus souvent que Legallois que ces sortes de mouvements disparaissent par la destruction de la moelle, dont le concours, comme organe central, est par conséquent indispensable à l'*action réflexe* des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, d'après l'expression de Prochaska.

Legallois a non-seulement voulu démontrer que de la moelle épinière part le principe de vie et de force qui anime tout le corps, mais il a encore indiqué de laquelle des deux substances de la moelle émane ce principe. « C'est, dit-il (2), dans la *partie grise* de la moelle que *naissent* et les nerfs spinaux et le principe qui

« La respiration, la déglutition, la sensibilité et le mouvement ont existé chez ces fœtus, malgré l'absence du cerveau et du cervelet. Aucune objection ne peut empêcher d'en conclure que ces fonctions sont indépendantes de ces organes; que, par conséquent, la moelle allongée et la moelle épinière ne puisent, ni dans le cerveau, ni dans le cervelet, la puissance nerveuse animant les parties qui en reçoivent des nerfs. »

Une observation de Beyer (1) sert à démontrer jusqu'à quel point la moelle, dans l'espèce humaine, peut agir indépendamment du cerveau, après certaines mutilations accidentelles de ce dernier organe. Voici l'extrait de cette observation : Une femme mal conformée devint enceinte en 1830. Après des tentatives infructueuses pour l'accoucher avec le forceps, on se décida à briser la tête du fœtus. Le docteur Beyer pratiqua cette opération, fit sortir les deux pariétaux, *vida entièrement le crâne*, et fit l'extraction de l'enfant, qui fut enveloppé dans une serviette et jeté dans un coin. Pendant que ce médecin s'occupait de la sortie de l'arrière-faix, il entendit une espèce de murmure qui s'élevait du lieu où l'on avait déposé l'enfant. Au bout de trois minutes, celui-ci poussa un cri distinct. Alors on ouvrit la serviette, et l'on vit avec étonnement ce fœtus sans cerveau, respirant et agitant ses mains et ses pieds; il poussa encore quelques cris, et donna d'autres signes de vie pendant plusieurs minutes.

En faisant allusion à ses propres expériences sur la moelle, Fodera (2) s'exprime ainsi en 1823 : « A l'égard de la moelle épinière, la section transversale complète, dans les oiseaux, ne paralyse point, en général, tout à fait les extrémités postérieures : *si on leur pince la patte, ils la retirent, quoiqu'ils n'en souffrent pas.* Mais si la moelle est détruite entièrement dans l'intérieur du canal vertébral, la paralysie est parfaite, c'est-à-dire que ces mouvements qui succèdent au pincement ne se produisent plus. »

Cinq années plus tard, Calmeil (3) publia une série d'expériences sur le point de physiologie qui nous occupe, et arriva à des conclusions analogues à celles de Legallois. Tout en admettant que le cerveau est le foyer des perceptions, qu'il est, comme le dit Cuvier, le point où les sensations prennent une forme distincte et laissent des traces et des souvenirs durables, Calmeil avance (p. 91) que « la moelle épinière des reptiles, des jeunes oiseaux et des jeunes mammifères, semble également susceptible, après l'enlèvement du cerveau, d'être modifiée par nos irritations, de *les sentir*, et, par suite, d'ordonner des mouvements calculés, durables, qu'il ne faut pas confondre avec les secousses convulsives et fugaces dues à l'irritabilité. »

Cette faculté de la moelle épinière, continue Calmeil, est probablement répartie *dans tous ses points* : car nous avons vu que, lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, c'était quelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui recueillait seule l'impression, de sorte que les mouvements éclataient dans les seuls membres antérieurs; au contraire, nous avons vu d'autres fois les impressions se concentrer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. Ainsi il paraît incontestable que l'on peut, par des vivisections,

(1) *Annales* de HECKER, et *The American Journal of the Medic. Sc.*, mai 1834, p. 220. — Extrait dans *Arch. génér. de médec.*, 1834, t. V, 2e série, p. 615.

(2) *Journal de physiol. expériment.*, t. III, p. 214.

(3) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 87 et suiv.).

établir sur un même animal différents foyers où les impressions sont recueillies sans le concours du cerveau, et tout à fait à l'insu de ce que nous appelons le *moi*. « Je suppose, ajoute le même auteur, qu'un homme reçoive un coup de feu dans le dos: la moelle épinière est interrompue, mais l'intelligence est pleine et entière. Le malade ne perçoit aucune sensation douloureuse lorsque l'on pince ou l'on brûle la peau de ses jambes. *Cependant il survient, sous l'influence de ces irritations, quelques mouvements musculaires légers*, mais réguliers et non convulsifs, qu'il faut attribuer à un ébranlement, à une modification de la moelle épinière. »

On a vu plus haut que, d'après Prochaska, les mouvements s'expliquent, dans ce cas, par ce qu'il nomme la *réflexion des impressions* des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, et que cette réflexion ne peut avoir lieu sans la présence de la moelle, quand il s'agit d'impressions faites aux téguments du tronc et des membres.

Dès 1823, Herbert-Mayo (1) avait reconnu que les phénomènes réflexes ne sont pas restreints à la moelle et aux nerfs spinaux, mais qu'ils peuvent se manifester, par l'entremise des masses encéphaliques et des nerfs sensoriels cérébraux, à la suite de véritables sensations. Ce physiologiste a démontré, en effet, qu'après la section du nerf optique, toute excitation mécanique du bout cérébral de ce nerf, chez l'animal vivant, est accompagnée de mouvements de la pupille. Or, on sait que la section de cette paire nerveuse, dans l'extirpation de l'œil chez l'homme, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière : la précédente expérience fournit donc un exemple de mouvement involontaire réflexe succédant à une sensation, et dans lequel l'encéphale lui-même sert d'intermédiaire entre l'excitation sensorielle ou centripète et l'excitation motrice ou centrifuge. C'est d'ailleurs un phénomène du même ordre qu'on observe à l'état normal, toutes les fois que la lumière vient à impressionner la rétine elle-même.

Quant au pouvoir réflexe de la moelle épinière, Herbert-Mayo (2) s'énonce ainsi : « Si l'on divise la moelle au milieu du cou, et qu'on fasse une seconde section au milieu du dos, on produit une contraction musculaire en irritant un organe sensitif lié avec l'un ou l'autre segment isolé ; si l'on pique la plante du pied, le pied se retire brusquement, de la même manière que cela eût eu lieu pendant la vie ; c'est-à-dire qu'un organe sensitif est excité, et qu'une irritation se propage au moyen du nerf sensitif jusqu'au segment isolé de la moelle épinière, où elle donne lieu à un changement suivi d'une impulsion propagée le long des nerfs de la volonté jusqu'aux muscles de la partie correspondante. »

Des citations précédentes, qu'on nous reprochera peut-être d'avoir trop multipliées, il résulte que déjà, depuis longtemps, les *effets réflexes* avaient sérieusement fixé l'attention de divers physiologistes, quand parurent, en 1833, les recherches confirmatives de Marshall-Hall (3) et celles de J. Müller (4). Toutefois ces

(1) *Anat. and Physiol. Commentaries*. Londres, 1823.
(2) *Ouvr. cit.*, 3e édit., p. 230.
(3) *Philos. Transact.*, année 1833. — *London and Edinb. Philos. Magaz.*, vol. X, n° 58. — *Memoirs on the Nervous System*. Londres, 1837. — *Lectures on the Nervous System and its Diseases* (*The Lancet*, 1838). — *Memoirs on some Principles of Pathol. of the Nervous System*, April 1839. Voyez aussi *Annales des sc. nat.*, 2e série, 1837, t. VII, p. 321. — *New Memoir on the Nervous System*. Londres, 1843. — *Aperçu du système spinal*. In-18, Paris, 1855.
(4) *Manuel de physiol*, trad. de Jourdan, t. I, p. 608. — Voy. la 1re édit. allem. de cet ouvrage, t. I, publiée à Berlin en 1833.

deux observateurs ont le mérite incontestable d'avoir envisagé la question sous un point de vue plus général, et d'avoir su trouver, dans la doctrine émise par Prochaska, l'explication vraie d'un grand nombre de phénomènes, la plupart déjà connus, mais mal interprétés.

Passons d'abord en revue la série d'actes physiologiques que l'on considère aujourd'hui comme dépendants du *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal; puis nous discuterons leur théorie.

On sait déjà que ces actes consistent en ce qu'une excitation quelconque, émanée d'un organe de l'économie, et transmise par des fibres nerveuses sensitives, soit à la moelle épinière, soit à l'encéphale, se *réfléchit*, par l'entremise de ces centres nerveux, sur des fibres nerveuses motrices, pour donner lieu à des mouvements dits réflexes, auxquels la volonté reste complétement étrangère. Or, ces sortes de mouvements, qui ont, de plus, pour caractère de ne se produire, en général, qu'à la suite de la stimulation des nerfs sensitifs (*), peuvent se manifester, soit dans les muscles de la vie animale, soit dans ceux de la vie organique; ce qui nous oblige, par conséquent, à les examiner dans ces deux cas. Après un pareil examen, on comprendra facilement toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplissement de certains phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires.

Dans les mouvements réflexes des muscles de la vie animale, comme dans ceux des muscles de la vie organique, l'excitation centripète, propagée à l'encéphale ou à la moelle épinière, peut prendre naissance, soit dans les nerfs cérébro-rachidiens, soit dans les nerfs de la vie organique, et, dans l'un ou l'autre cas, suivant qu'elle arrive ou non jusqu'au siége du *sensorium commune*, devenir sensation ou ne pas prendre ce caractère. Je ne partage donc pas l'opinion de ceux qui prétendent que les mouvements réflexes ne sont jamais précédés de sensations, et je me range à l'opinion contraire de Prochaska, dont la vérité est surabondamment démontrée par l'observation des faits. Du reste, j'abandonnerai au lecteur la tâche facile de reconnaître, parmi les effets réflexes qui vont être signalés, ceux qui ont lieu avec ou sans l'intervention du *sensorium commune*.

1° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Quand, à l'aide d'une section transverse pratiquée au niveau de la région dorsale, on a complétement divisé une grenouille ou une salamandre, si l'on vient à stimuler les téguments des membres abdominaux, ceux-ci exécutent encore des mouvements plus ou moins énergiques. Mais ce phénomène intéressant ne se manifeste qu'autant que, dans le train postérieur de l'animal, existe un tronçon de moelle épinière; il cesse aussitôt que ce dernier est détruit: preuve évidente que de pareils mouvements ne sauraient provenir d'un conflit entre les fibres sensitives et les fibres motrices des nerfs eux-mêmes, et que la moelle est réellement douée d'un pouvoir moteur involontaire.

La simple décapitation, avec soustraction du bulbe rachidien et abolition des mouvements respiratoires, ne doit donc pas non plus empêcher les quatre mem-

(*) Toutefois le bâillement et le vomissement peuvent avoir lieu par cela seul qu'on voit ou qu'on entend quelqu'un bâiller ou vomir. Après avoir éprouvé violemment le *mal de mer*, il m'est arrivé, pendant plusieurs jours, de vomir au seul souvenir des angoisses que j'avais endurées.

végétative ; mais ce système se borne-t-il en effet à agir seulement comme régulateur du cours du sang ? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait-on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède ?

Entre les nerfs sensitifs et les nerfs vaso-moteurs il existe un consensus que démontre l'observation directe : le mamelon, par exemple, s'érige, quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs ; la peau de la face, nous l'avons dit plus haut, rougit, et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé ; l'écoulement de la salive succède à la stimulation de la muqueuse buccale ; la sécrétion des larmes, d'ordinaire abondante quand on excite la conjonctive, et l'injection de cette membrane ne s'observent plus d'abord, au même degré, après la section du trijumeau qui entraîne l'anesthésie de la surface de l'œil, etc.

Mais ces exemples, et tant d'autres que nous pourrions citer, ne sauraient faire admettre une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs s'exerce uniquement dans une direction centripète, et que les actes précédents nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à accorder cette influence aux fibres nerveuses vaso-motrices ; à reconnaître que la fonction des unes se trouve liée, jusqu'à un certain point, à l'intégrité des autres, et par conséquent à admettre une sorte de *réflexion* ou de réactivité de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs vasculaires, réflexion qui s'accom-

d'un stimulus agissant d'abord sur un nerf sensitif; et la salive agit comme telle dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition : mais, dans un quatrième mouvement, promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

On a coutume de citer encore, comme dépendante du pouvoir excito-moteur ou réflexe de la moelle, la contraction des muscles sphincters du rectum et de la vessie, muscles qui, pourvus de nerfs rachidiens, restent contractés malgré l'ablation de l'encéphale, et se relâchent aussitôt qu'on a détruit la moelle épinière. Dans l'état de vie, ils sont continuellement contractés, aussi bien durant le sommeil que durant la veille, et il n'est pas en notre pouvoir d'interrompre volontairement leur action, à moins que nous ne la contre-balancions par celle de leurs antagonistes.

2° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Les impressions vives, émanées des organes auxquels se distribue le grand sympathique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de muscles animés par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près quelquefois les premières douleurs de l'accouchement (*); que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, quand celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc.

J. Müller, en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Jusqu'à présent cette expérience ne m'a point réussi. Chez des grenouilles *décapitées*, Volkmann (1), après avoir irrité le tube intestinal, a observé des mouvements réflexes très prononcés dans le tronc, mouvements que la destruction de la moelle rendait aussitôt impossibles.

3° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Des impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation peuvent, en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la huitième paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques. L'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire (2). Ces mêmes mouvements s'observent aussi quand on aspire de l'eau froide par les fosses nasales. La contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis. Celle

(*) Je n'ai trouvé dans l'utérus que des filets du grand sympathique. (Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 550.)

(1) *Ueber Reflexbewegungen* (*Sur les mouvements réflexes*), (MULLER'S *Archiv.*, 1838).

(2) Les ramuscules moteurs de l'iris émergent du ganglion ciliaire, dépendance du grand sympathique : on sait que le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice de ce ganglion.

bres de se mouvoir isolément ou simultanément, chaque fois qu'une irritation suffisante impressionne l'enveloppe cutanée. En effet, dans la première période de l'empoisonnement par le chlorhydrate de strychnine, même chez des mammifères, j'ai pu souvent constater que, si le plus léger attouchement de leur surface tégumentaire occasionne des secousses convulsives, celles-ci n'offrent pas une moindre intensité après la décapitation (*), tandis qu'elles se suppriment instantanément par la destruction de la moelle spinale.

Ainsi, nous voyons le système musculaire de la vie de relation accomplir des mouvements généraux ou partiels sous l'influence d'une force autre que la volonté, puisque l'encéphale, en l'absence duquel un acte volontaire quelconque ne saurait se produire, peut être détruit sans que les mouvements précédents cessent d'avoir lieu.

Ajoutons que, quand bien même l'encéphale existe, et, avec lui, la volonté, les mouvements réflexes peuvent survenir en dépit de la résistance volontaire que l'individu oppose à leur manifestation. Tels sont, parmi les effets réflexes de la catégorie dont nous nous occupons, ceux qui suivent :

Après l'immersion prolongée dans un bain froid, surviennent un claquement des dents, un tremblement général que la volonté est inhabile à maîtriser. Celle-ci ne peut davantage empêcher le mouvement spasmodique de la glotte, quand une goutte de liquide ou une parcelle d'aliment tombe dans le vestibule sus-glottique : à leur, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque ; l'éternument, après l'excitation directe de la membrane pituitaire. La volonté ne saurait non plus, au delà d'un certain laps de temps, retarder ni les mouvements respiratoires, ni le clignement, qu'il soit dû à l'action d'une lumière trop intense sur la rétine ou d'un excitant quelconque (l'air, les larmes, etc.) sur la conjonctive ; ni la contraction des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré. Que peut encore la volonté sur les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa ; sur le tétanos qui succède à la section d'un nerf cérébro-rachidien ; sur les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évul-

et qu'ils constituent des moyens de réflexion de ces filaments sur la fibre contractile. »

Grainger admet pour chaque ganglion un *système excito-moteur*, c'est-à-dire des fibres qui, distinctes des fibres primitives cérébro-spinales, seraient propres au ganglion et en rapport avec son *pouvoir réflexe*. Mais il faut reconnaître que, même l'existence de cet ordre particulier de filets pût-elle être admise, rien ne démontrerait que ces filets fussent appropriés au pouvoir réflexe ganglionnaire, plutôt qu'aux actes nutritifs et sécrétoires.

Aucune preuve expérimentale n'est venue, en effet, confirmer l'opinion de Prochaska sur la réalité du pouvoir réflexe dans les ganglions sympathiques, du moins en l'absence de l'axe cérébro-spinal. Au contraire, Volkmann (1), qui refuse à ceux-ci un pareil pouvoir, cite des expériences déjà mentionnées plus haut, et faites sur des grenouilles décapitées qui étaient dans la meilleure disposition aux mouvements réflexes. Lorsque la moelle épinière existait encore, le pincement des intestins provoquait des *contractions étendues*, tandis que, quand la moelle était détruite, la réaction demeurait limitée au lieu de l'irritation, et était toute *locale* (*).

J'ai pu aussi, sur de très jeunes mammifères décapités, déterminer, par le pincement du canal intestinal, des mouvements qui n'étaient point bornés au lieu de l'irritation, mais qui se propageaient soit en haut, soit en bas, et à une distance plus ou moins grande du point irrité; tandis qu'après la destruction de la moelle épinière, le pincement ne déterminait plus qu'une dépression bornée au point même sur lequel j'agissais, sans se propager même en anneau autour du tube intestinal. J'ai renouvelé ces observations, en déposant un très petit morceau de potasse sur la surface muqueuse de l'intestin.

Pour saisir la signification de ces résultats, pour comprendre en quoi ils sont opposés à l'existence d'un pouvoir réflexe ganglionnaire, indépendant, on doit se rappeler qu'après l'ablation de l'encéphale, la moelle demeurant intacte, il suffit de l'attouchement d'un seul point des téguments pour donner lieu, par exemple, au mouvement général d'un membre, et qu'au contraire, la moelle étant détruite à son tour, l'irritation même directe d'un muscle ne fait plus contracter, pour ainsi dire, que le point excité. Or ce sont de pareilles différences que nous venons de signaler; et si, après avoir, sur un animal vivant, détaché le canal intestinal avec le mésentère et le plexus ganglionnaire, ou même seulement avoir détruit la moelle, l'irritation ne produit plus qu'un resserrement tout local, au lieu d'une contraction étendue à une grande longueur de l'intestin, comme avant l'opération, il faut donc bien reconnaître que le conflit entre les fibres sensitives et motrices, duquel résultent les phénomènes appelés réflexes, ne peut se produire sans l'entremise de la moelle épinière, pas plus dans les fibres du grand sympathique que dans celles des nerfs céphalo-rachidiens.

Toutefois j'ajouterai une remarque : des précédentes observations, il résulte seulement que le pouvoir réflexe ne saurait se manifester dans les ganglions sympathiques, après la suppression du concours de l'axe cérébro-spinal; mais il n'en

(1) *Mém. cit.*

(*) PIKFORD (cité par VALENTIN dans *Lehrbuch der Physiologie*, 1844, t. II, p. 756) affirme que, malgré l'intégrité de la moelle épinière, les mouvements réflexes du canal intestinal n'ont plus lieu après qu'on a détruit le bulbe rachidien. — Souvent mes propres expériences sur des grenouilles m'ont paru confirmer celles de Pikford.

du corps de la vessie s'observe à la suite de la stimulation de la muqueuse de ce réservoir par l'accumulation de l'urine (*).

Chez une tortue de mer, dont les cœurs lymphatiques avaient été mis à nu, les viscères enlevés et le tronc partagé transversalement en deux parties, J. Müller (1) parvint à produire une contraction instantanée des cœurs d'un côté (ceux-ci étant depuis longtemps inertes), en pinçant la patte de derrière ou en stimulant la peau avec la pointe d'un instrument aigu.

4° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Le phénomène de la réflexion paraît s'opérer plus difficilement, et surtout plus rarement, des filets sensitifs du grand sympathique à l'axe cérébro-spinal, puis de celui-ci aux filets moteurs du grand sympathique lui-même, que des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens à l'axe cérébro-spinal, et de celui-ci aux nerfs moteurs du même ordre.

On peut citer néanmoins les cas suivants comme exemples d'effets réflexes opérés par l'axe cérébro-spinal et le nerf grand sympathique, à l'exclusion des nerfs cérébro-spinaux proprement dits : dans divers états morbides des intestins, la pupille change de diamètre; sa dilatation, par exemple, accompagne les affections vermineuses, et cesse avec elles. Dans les phlegmasies du tube intestinal, des reins, de l'utérus, des ovaires, etc., les battements du cœur se modifient (**). Chez les grenouilles décapitées, quand la moelle épinière existe encore, le pincement des intestins, d'après Volkmann (2), provoque des contractions étendues de ce canal, tandis qu'après la destruction de la moelle, la réaction demeure limitée au lieu de l'irritation, et devient toute locale.

Ce qui précède nous conduit naturellement à nous poser cette question : *Y a-t-il dans les ganglions du grand sympathique un pouvoir réflexe comparable à celui de l'axe cérébro-spinal?* En d'autres termes, l'excitation centripète transmise aux ganglions par leurs filets de sensibilité est-elle susceptible de se réfléchir, ou de réagir sur leurs filets moteurs, pour donner lieu à des mouvements auxquels

d'irritations exercées sur le système muqueux des organes respiratoires, digestifs, génito-urinaires, et transmises au foyer incitateur des mouvements respiratoires par des filets sensitifs appartenant soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand sympathique.

Rappelons que les affections de certains organes glanduleux, du foie, des reins, des ovaires, des testicules eux-mêmes, peuvent aussi occasionner le vomissement, qui s'observe encore dans les lésions de l'utérus et dans les premiers temps de la conception.

Il n'est pas exact d'avancer que, si le groupe des muscles respiratoires peut entrer en jeu à la suite d'impressions faites aux diverses membranes muqueuses, il n'en saurait être de même après les impressions qui prennent naissance à la surface cutanée; car, chez l'homme, on parvient à réveiller les actes de la respiration en jetant de l'eau froide à la face ou sur d'autres parties du corps, et le chatouillement de la plante des pieds occasionne un rire convulsif qui, parce qu'il succède à une stimulation extérieure, peut, au moins dans ce cas, être regardé comme un phénomène réflexe.

III. Un fait curieux, observé par Volkmann (1), consiste dans la grande différence d'aptitude à déterminer des mouvements réflexes, qui existe entre les troncs nerveux et leur expansion périphérique.

Pour ma part, après la section de la moelle dorsale, j'ai vu souvent ces sortes de mouvements se produire avec une grande énergie dans les deux membres postérieurs, en stimulant une partie très limitée de la peau, tandis que les contractions étaient infiniment moindres, ou parfois manquaient entièrement, avec la même irritation appliquée simultanément à plusieurs racines spinales postérieures. Je n'ai jamais pu réussir à provoquer la toux, chez l'animal vivant, en agissant sur le tronc du nerf vague, ainsi que Cruveilhier (2) et Romberg (3) prétendent l'avoir fait, tandis que ce mouvement convulsif survenait ordinairement après une stimulation directe de la muqueuse respiratoire.

IV. Les expériences démontrent que certains agents chimiques et toxiques peuvent modifier le *pouvoir réflexe*.

On a reconnu à la strychnine et aux préparations opiacées, par exemple, la propriété d'exagérer singulièrement ses effets. Les grenouilles surtout sont précieuses pour ce genre de démonstration. Quand l'empoisonnement par ces substances a eu lieu chez elles, l'impressionnabilité de la surface tégumentaire devient telle qu'il suffit du plus léger attouchement, celui d'un cheveu, pour provoquer des secousses convulsives générales, que l'ablation de l'encéphale augmente encore, au lieu de les diminuer, mais que la destruction de la moelle fait subitement disparaître.

Ayant souvent reproduit ces expériences aux diverses saisons de l'année, j'ai constaté que les phénomènes réflexes pouvaient offrir quelques différences, non-seulement dans leur intensité, mais même dans leurs conditions de manifestation : ainsi, pendant l'hiver, le plus ordinairement je ne parvenais à faire naître ces phénomènes, chez les grenouilles décapitées et narcotisées, qu'à la condition expresse de laisser le bulbe rachidien intact; tandis que, durant les autres saisons, le moindre

(1) *Ueber Reflexbewegungen* (*Sur les mouvements réflexes*) (MÜLLER'S *Archiv.*, 1838).
(2) *Nouv. Biblioth. méd.*, 1828, t. II, p. 172, art. sur les *Névralgies viscérales*, par JOLLY.
(3) MÜLLER'S *Archiv.*, 1838, p. 311.

de discuter la théorie des mouvements réflexes, nous devons encore otre attention sur diverses particularités qui se rapportent à cet ordre de nes.

r des animaux décapités, Herbert-Mayo (1) et Calmeil (2) ont constaté qu'une impression est parvenue à la moelle spinale, l'incitation centri- en dérive a une tendance singulière à se communiquer surtout à ceux s moteurs spinaux dont l'origine se rapproche le plus de celle des nerfs irrités. La même remarque s'applique à ceux des nerfs cérébraux sensitifs rs dont l'origine converge à la moelle allongée, et qui, par cela même, me aptitude si grande aux phénomènes de la réflexion. « J'ai vu, dit Cal- , que lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, uelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui it seule l'impression; de sorte que ces mouvements éclataient dans les embres antérieurs. Au contraire, j'ai vu d'autres fois les impressions se rer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. »

ntre, dans nos propres expériences, nous avons pu reconnaître qu'il est n variant l'intensité de l'impression, de donner lieu à des mouvements plus ou moins étendus. Chez une grenouille décapitée, par exemple, à stimuler légèrement les téguments d'un membre abdominal, celui-ci nl en contraction. Le stimulus, appliqué au même point, est-il plus éner- es deux membres abdominaux se contractent; enfin, quoique limitée à la lace, l'excitation extérieure est-elle encore plus vive, les quatre membres t simultanément.

chercherons plus loin à nous rendre compte de ces différences.

e conflit qui, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal, a lieu si facilement s nerfs sensitifs et moteurs dont l'origine est très rapprochée, peut égale- produire, avec le concours de la moelle et du bulbe rachidien, entre les nsitifs des membranes muqueuses et les nerfs moteurs respiratoires.

rie de phénomènes réflexes qui résultent de ce dernier conflit est assu-

ayant reproduit ces expériences sur un jeune chien, j'ai encore retrouvé le pouvoir réflexe, dans la portion lombaire de la moelle, *trois mois* après avoir privé cette portion de toute communication avec l'encéphale. Schiff (1) dit qu'il a vu le pouvoir réflexe persister dans les membres postérieurs, chez les batraciens et d'autres reptiles, plus d'*un an* après une résection dans la partie dorsale de la moelle.

Comme le faisait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent d'ailleurs tant d'autres phénomènes sur lesquels nous avons déjà insisté, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant d'innervation, et ne saurait être assimilée aux cordons nerveux moteurs qui, comme je l'ai démontré (2), perdent toute excitabilité après le quatrième jour de leur séparation de l'axe cérébro-spinal.

Si le pouvoir réflexe de la moelle épinière disparaît si vite, chez les mammifères adultes, après la décapitation au-dessous du bulbe rachidien, cela tient à ce qu'une pareille mutilation entraîne l'asphyxie (*). Quand, au contraire, la résection du cordon spinal est pratiquée à un niveau qui permet d'éviter la lésion de la respiration, on voit les mouvements réflexes persister dans les membres postérieurs privés de contractions volontaires, et durer jusqu'à la mort, qui souvent, chez les oiseaux et les mammifères eux-mêmes, peut arriver seulement après plusieurs mois.

Théorie du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent.

Après avoir démontré l'existence du *pouvoir réflexe*, c'est-à-dire de l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des mouvements involontaires, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience; après avoir mentionné les divers phénomènes qui s'y rapportent et les conditions qui président à leur manifestation, il nous reste à discuter leur théorie.

Parce que les muscles dévolus à la vie de relation, et par conséquent volontaires, peuvent continuer à exécuter des mouvements d'ensemble sous une influence indépendante de la volonté, Marshall-Hall (3) n'hésite pas à admettre, comme physiologiquement distinct de l'appareil nerveux volontaire, un appareil nerveux spécial, *excito-moteur*, composé de *nerfs incidents* ou excitateurs, de nerfs *réfléchis* ou moteurs et de la *vraie moelle épinière* par laquelle ces nerfs spéciaux seraient unis entre eux, comme les nerfs *sensitifs* et *volontaires*, formant une autre fraction de la moelle, le sont par le cerveau proprement dit. Pour Marshall-Hall, qui nie qu'un mouvement réflexe soit jamais déterminé par une sensation, tout cordon nerveux *composé* pouvant être alternativement sensitif et excitateur, volontaire et moteur réflexe, offrirait deux origines, l'une dans le cerveau, l'autre dans la *vraie moëlle épinière*.

(1) *Lehrbuch der Physiologie*, Jahr 1858, p. 202.
(2) Voy. plus haut, p. 225.

(*) On sait, d'après la remarque déjà ancienne de Legallois (*ouvr. cit.*, t. I, p. 18), que les phénomènes réflexes, après la décapitation au-dessous du bulbe, persistent bien plus longtemps chez les grenouilles que chez les mammifères: cette différence provient de ce que les premières, qui respirent très activement par la peau, éprouvent les effets de l'asphyxie beaucoup plus tardivement que les seconds.

(3) *Mém. cit.*

Mais l'existence de fibres nerveuses spéciales, distinctes des fibres sensitives et motrices ordinaires, ne saurait être décidément admise par les physiologistes, puisqu'elle n'est fondée que sur une pure supposition. Et d'ailleurs, dès qu'on reconnaît que l'encéphale et la moelle épinière constituent deux centres d'innervation, séparés ou réunis, indépendants ou dépendants, selon les circonstances, on ne voit pas bien pourquoi les mêmes cordons nerveux ne pourraient pas être subordonnés à l'un ou à l'autre, pour donner lieu à des phénomènes dont les différences dépendraient seulement de la partie de l'axe cérébro-spinal qui entrerait plus particulièrement en action.

Si la moelle épinière et la moelle allongée sont des foyers d'innervation, comme l'encéphale lui-même, si elles ont le pouvoir d'entretenir, entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, un conflit duquel résultent les mouvements réflexes, je pense, avec Legallois (1), qu'elles doivent ce privilége à la présence de la substance grise contenue dans leur intérieur, et que, par leurs faisceaux blancs, elles ne sont que de simples organes de transmission, comme les nerfs (2): c'est donc à cette substance grise exclusivement qu'on pourrait, pour se servir de l'expression de Marshall-Hall, réserver le nom de *vraie moelle épinière*.

A l'appui de cette opinion, je rappellerai des expériences que j'ai déjà mentionnées (3) pour expliquer comment le bulbe, quoique paralysé momentanément par l'inhalation de l'éther, d'abord comme organe sensible, puis comme conducteur du principe des mouvements volontaires, peut continuer de fonctionner comme foyer central des mouvements réflexes de la respiration. J'ai divisé, détruit, au niveau même de l'origine de la huitième paire, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et la respiration a persisté malgré cette lésion: au contraire, la destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe, au même niveau, a produit la suspension instantanée de la respiration. A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches, remplissant le simple rôle d'éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de *substance grise, riche en vais-*

qu'enfin l'excitation extérieure devenant encore plus vive, quoique limitée à la même place, les quatre membres s'agitaient convulsivement. Ces différences dans les résultats s'expliquent, sans doute, en supposant que l'incitation centripète peut, selon son intensité, s'irradier plus ou moins loin *à travers l'axe gris* de la moelle duquel procède l'incitation centrifuge, qui elle-même va se communiquer à un plus ou moins grand nombre de nerfs moteurs.

Si, chez des grenouilles décapitées, après avoir fendu la moelle jusqu'à son extrémité postérieure sur la ligne médiane, et avoir laissé seulement une mince communication entre les deux moitiés de l'organe, nous sommes parvenu quelquefois, en irritant fortement la surface cutanée d'un membre, à provoquer des mouvements réflexes, non-seulement dans ce membre, mais encore dans celui du côté opposé, il nous semble permis de croire que la portion de la commissure grise demeurée intacte ne doit pas être étrangère à la propagation de l'irritation d'un côté à l'autre.

Si, à l'aide de variations dans l'intensité du stimulus appliqué, nous avons pu rendre compte de celles que nous avons observées précédemment dans les mouvements réflexes des membres, il faut chercher une autre théorie pour expliquer certains mouvements involontaires beaucoup plus complexes, qui ailleurs se produisent constamment, de préférence à d'autres, après l'excitation d'une partie déterminée.

L'idée de rechercher la cause du rapport existant entre telle irritation et tel mouvement réflexe, n'a point échappé à la sagacité de Rob. Whytt qui a écrit si bien sur les sympathies. Aussi croyons-nous ne pouvoir mieux faire que de rappeler d'abord plusieurs des questions que s'adresse le physiologiste anglais, en vue du problème à résoudre. Whytt (1) se demande pourquoi l'irritation de la muqueuse nasale occasionne l'éternument plutôt que la toux, le hoquet ou le vomissement; pourquoi le premier de ces mouvements convulsifs n'accompagne pas les douleurs de dents, les impressions vives faites au visage, aussi bien que celles qu'on dirige sur la muqueuse du nez, la même paire nerveuse se distribuant à ces diverses parties; pourquoi encore une irritation violente du rectum ou de la vessie provoque une contraction continue du diaphragme et des muscles abdominaux, plutôt que des contractions alternatives ou intermittentes, comme il arrive dans la toux, le hoquet, etc.

Whytt, rejetant avec raison l'idée que le choix de pareils mouvements puisse résulter de la simple connexion des nerfs entre eux, le fait dépendre « d'une sensation particulière excitée dans les parties, et communiquée au cerveau ou *à la moelle de l'épine*, » organes qui, pour lui, sont la vraie et unique origine de ces mouvements. Puis, pour confirmer son opinion et prouver qu'en effet chaque mouvement sympathique est bien déterminé par la spécialité de l'excitation ou de la sensation, il cite les exemples suivants : — La titillation du conduit auditif à l'aide des barbes d'une plume suffit souvent pour faire tousser; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. — Le sperme, en irritant les nerfs sensitifs de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. — Il

(1) *Les vapeurs et maladies nerveuses*, trad. franç. de LEBÈGUE DE PRESLE. Paris, 1767, t. I, p. 276 à 301.

sculaires destinés à leur accomplissement ; et même cette coordination
part des mouvements réflexes est telle, que la volonté est inhabile à la
raître. Aussi, d'après ses expériences, Flourens (1) a-t-il admis deux
ordinateurs, l'un pour les mouvements volontaires (*cervelet*), l'autre
ouvements réflexes de la respiration (*bulbe rachidien*) et leurs dérivés, tels
nument, la toux, le vomissement et les efforts qui accompagnent la par-
n l'expulsion des urines et des fèces. De son côté, Debrou (2), frappé de
ice de la théorie de l'*action réflexe* pour expliquer toutes les conditions
nouvements sympathiques, a proposé, en s'appuyant sur des considéra-
nes d'intérêt, de reconnaître dans la moelle elle-même un ou plusieurs
argés de la coordination de ces mouvements, et semblables au centre
s pour les mouvements de la respiration.

tails dans lesquels nous sommes entré précédemment ont pu déjà faire
lre au lecteur toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplisse-
n grand nombre de phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-
roduire des mouvements sans la participation de la volonté : plusieurs de
s trouveront leur complément dans l'étude des *rapports du système*
vec les sympathies.

II. — Du système nerveux considéré dans ses rapports avec les phénomènes sympathiques.

te, entre les diverses parties du corps des animaux supérieurs, une solida-
fait qu'elles peuvent s'influencer mutuellement, se communiquer leurs
ons : de cette solidarité plus étroite entre certaines parties, souvent très
, qui s'impressionnent et réagissent les unes à l'occasion des autres, sans
oints intermédiaires soient nécessairement influencés, résultent des phé-
nombreux que les physiologistes ont nommés *sympathiques*.
tude aux irradiations sympathiques a été autrefois regardée comme pou-

vant les uns, dans les ganglions ou encore dans les anastomoses nerveuses, suivant les autres, qu'il faut chercher la condition organique principale de l'exercice des sympathies.

Dans notre opinion, tout phénomène sympathique, qu'il résulte de l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou de celle des nerfs de la vie végétative, qu'il se traduise par des actes sensitifs et moteurs ou par des actes nutritifs et sécrétoires, exige, pour s'accomplir, que cette excitation se propage à un centre nerveux apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de l'irradiation sympathique.

I. Ceux qui prétendent expliquer les sympathies par les anastomoses des nerfs entre eux (quoique ces prétendues anastomoses consistent en un simple accolement de fibres et non en une fusion des unes dans les autres), supposent que l'excitation d'une fibre primitive peut se communiquer *directement* à d'autres, et, par celles-ci, aux différents organes qu'elles animent. Mais nous le savons déjà, l'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf est démontrée à la fois par les expériences et par la simple observation (1). Un même tronc nerveux pouvant réunir, pour le besoin des parties, des filets de sentiment, des filets de mouvement et d'autres encore en rapport avec les opérations chimiques de la vie, il est aisé de comprendre la confusion qui en résulterait dans les fonctions d'un pareil nerf, si les filets, dont il est l'assemblage, pouvaient s'influencer mutuellement. En effet, les anastomoses des nerfs étant supposées avoir le même usage, par rapport à la transmission du principe nerveux, que celles des vaisseaux eu égard aux liquides circulatoires, aucune action nerveuse locale et distincte ne pourrait s'accomplir, ni de l'encéphale aux parties périphériques, ni des parties périphériques à l'encéphale. Et d'ailleurs, dans cette théorie, comment expliquer que tant de points de notre corps, qui reçoivent des rameaux d'un même tronc nerveux, ne sympathisent jamais, tandis qu'il existe, au contraire, une sympathie très marquée entre d'autres points dont les nerfs n'ont aucune communication les uns avec les autres? Pourquoi aussi, dans les relations sympathiques entre deux organes, serait-ce toujours ou presque toujours le même duquel partirait l'irradiation, et pourquoi n'y aurait-il pas réciprocité d'influence?

II. Puisque le rôle qu'on avait voulu faire jouer ici aux anastomoses nerveuses ne saurait être admis, il nous faut examiner la valeur d'une autre hypothèse dont la vogue fut grande, surtout parmi les anatomistes du commencement de ce siècle, hypothèse dans laquelle le système ganglionnaire est considéré comme l'appareil organique spécial des sympathies. Mais, hâtons-nous de le dire, l'étude approfondie des phénomènes dus à l'irradiation des sensations, à l'association des mouvements et au *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, étude dont les résultats ont été consignés plus haut, a restreint de beaucoup le champ d'action du système ganglionnaire dans les sympathies, et en a placé le plus grand nombre en dehors de son domaine.

A l'appui de cette dernière assertion, je crois utile de présenter l'analyse critique d'exemples que j'emprunterai surtout à Tiedemann, à Fréd. Arnold, défenseurs ardents de l'hypothèse précédente, et de rendre à ces exemples leur véritable interprétation.

(1) Voy. plus haut, p. 217 et 227.

Le stimulant qui influe sur les mouvements de l'iris, dans les circonstances ordinaires, est la lumière, et celle-ci n'agit sur l'iris que par l'intermédiaire de la rétine. Tiedemann (1) ayant observé, après Ribes (2), que l'artère centrale de la rétine et les artères ciliaires courtes, postérieures, sont accompagnées par quelques filets émanés du ganglion ophthalmique, et destinés à cette membrane, pense que la lumière irrite les filets précédents, que l'irritation se propage immédiatement au ganglion ophthalmique, et de celui-ci aux nerfs moteurs de l'iris, pour produire, selon son intensité, les mouvements d'où résulte le rétrécissement pupillaire.

La théorie de cette réaction sympathique est évidemment erronée. L'intervention ganglionnaire n'est qu'accessoire, et l'intervention encéphalique est au contraire indispensable : en effet, la contraction de la pupille a lieu par suite de la stimulation de la rétine, du nerf optique, de l'encéphale et de la réaction de ce dernier sur le nerf moteur de l'iris (moteur oculaire commun), puisque, d'une part, le tronc du moteur oculaire commun étant coupé, cette membrane cesse ses mouvements; puisque, de l'autre, l'irritation du bout cérébral du nerf optique divisé (3) détermine le resserrement de la pupille, et qu'enfin l'ablation des tubercules quadrijumeaux rend cette ouverture immobile.

Arnold (4) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique, et croisant le renflement gangliforme du conde du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique *et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe.* Ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine. Aussi, pour expliquer les mouvements automatiques qui se passent dans la caisse du tympan, et en particulier la contraction involontaire du muscle interne du marteau, Arnold propose-t-il une explication semblable à celle qui vient d'être examinée. Suivant lui, le filet venu du ganglion otique et épanoui dans le labyrinthe, est irrité par les vibrations sonores; cette irritation se propage aussitôt à ce ganglion, et de celui-ci au filet nerveux qui anime le muscle interne du marteau, pour le faire contracter.

[illegible] interprétation, calquée sur celle de Tiedemann, n'est pas accusée

l'œil amaurotique sont seuls paralysés, tandis que les filets moteurs iriens de ce dernier peuvent encore réagir par suite de l'excitation de l'œil sain, et, par conséquent, faire contracter l'iris du côté malade. Mais il se demande où est le centre organique propre à diriger ces mouvements associés des deux iris, et, rejetant l'opinion de Haller et de Zinn, qui le placent dans l'encéphale, celle de Wardrop, qui le trouve dans le chiasma des nerfs optiques, celle de Troxler, qui admet que, dans ces cas, l'excitation de l'un des yeux se propage à l'autre au moyen des filets nasaux de la branche ophthalmique et par l'intermédiaire de la muqueuse nasale, rejetant, dis-je, ces diverses opinions, Tiedemann arrive à proposer l'hypothèse suivante : « Comme les mouvements de l'iris, dit-il, sont provoqués par les nerfs ciliaires, la sympathie qui existe entre les rétines des deux yeux ne peut non plus être entretenue que par une liaison entre les nerfs ciliaires de ces deux organes. L'hypophyse ou *glande pituitaire* est un corps qui établit une liaison entre les ramifications du nerf grand sympathique des deux yeux. Il résultait déjà des recherches de Fontana que des filets du grand sympathique remontent le long de l'artère cérébrale, et vont se jeter dans la glande pituitaire. Bock, Cloquet et Hirzel ont également trouvé des filets semblables qui, tant du rameau descendant du grand sympathique que du ganglion carotidien, se rendaient à l'hypophyse. L'union du ganglion ophthalmique, ou des nerfs ciliaires, avec le grand sympathique, dans le canal carotidien, est également démontrée. En conséquence, l'hypophyse se montre évidemment l'intermédiaire ou le lien entre les nerfs grands sympathiques des deux moitiés du corps, et, par suite aussi, entre les nerfs ciliaires des deux yeux. C'est donc par la glande pituitaire (hypophyse) que les phénomènes sympathiques des deux yeux paraissent être entretenus. Ce corps, par son tissu solide, composé de fibres médullaires et d'une substance d'un gris rougeâtre, semblable à celle qu'on trouve dans les ganglions du grand sympathique, a beaucoup d'analogie avec un ganglion de ce nerf. »

Dans ce qui précède, on ne saurait voir autre chose que les efforts d'un esprit prévenu en faveur d'une conception qui peut être ingénieuse, mais qui assurément ne repose sur aucune base solide. Au point de vue anatomique, fût-on en droit de soutenir l'assimilation de l'hypophyse à un ganglion du grand sympathique, qu'il ne serait point davantage permis, en présence des faits, d'assigner à cet organe le rôle proposé par Tiedemann. Déjà j'ai eu occasion de rappeler l'expérience d'Herbert-Mayo, dans laquelle, ayant coupé un nerf optique, il avait vu l'irritation du bout cérébral de ce nerf déterminer, dit-il, le resserrement de la pupille *du même côté*. Mes propres expériences m'ont révélé un autre résultat qui trouve ici son application : c'est qu'à la stimulation de l'extrémité cérébrale d'un seul nerf optique préalablement divisé *dans le crâne*, succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme l'avait avancé Herbert-Mayo, mais des deux iris à la fois, et que les mêmes effets s'observent quand on excite les tubercules bijumeaux d'un seul côté. Or, dans ces expériences, évidemment les nerfs ciliaires de la rétine, admis par Tiedemann comme point de départ de l'irradiation sympathique, n'ont pu être impressionnés, ni par conséquent provoquer l'intervention de l'hypophyse, et pourtant les deux iris ont réagi simultanément; aussi n'hésitons-nous point à chercher dans l'encéphale la condition organique d'une pareille association de mouvements, et même à la placer dans les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, qui d'ailleurs, d'après de nombreuses expériences, constituent le véri-

table centre réflexe de l'effet centripète des nerfs optiques et des rétines sur les nerfs moteurs des iris. Ajoutons que, suivant l'hypothèse du physiologiste allemand, s'il était vrai que les mouvements sympathiques des deux iris ne dussent être entretenus que par une liaison entre les nerfs ciliaires au moyen de l'hypophyse, il serait permis de se demander pourquoi la section intracrânienne des nerfs optiques paralyse instantanément ces sortes de mouvements, puisque alors les filets ciliaires rétinaux, qu'*on suppose excitables à la lumière*, les filets ciliaires iriens, le ganglion ophthalmique, centre d'action excito-motrice, et l'hypophyse, centre d'association, n'en constituent pas moins encore, dans toute son intégrité, la prétendue chaîne sympathique.

« La réaction sympathique la plus évidente de l'organe olfactif irrité, ajoute Tiedemann (1), est celle qu'il exerce sur les organes de la respiration, avec lesquels d'ailleurs le nez, comme canal où passe l'air, se trouve en connexion intime. Toutes les substances odorantes, âcres et volatiles, qui stimulent avec force la membrane muqueuse du nez, produisent une violente excitation des muscles de l'appareil respiratoire, d'où résulte l'éternument. »

Ici encore, suivant Tiedemann et Arnold (2), l'impression, pour être suivie de ce mouvement convulsif, ne réclame que l'intervention du système ganglionnaire et de ses anastomoses avec les nerfs respiratoires. Ces auteurs admettent que l'irritation se transmet des nerfs sphéno-palatins internes et externes au ganglion sphéno-palatin, de celui-ci, par le rameau carotidien du nerf vidien, au ganglion cervical supérieur, qui réagit, à son tour, par ses anastomoses, sur les nerfs diaphragmatique, accessoire de Willis, pneumogastrique et facial. Enfin, chose singulière, pour prouver qu'il n'y a, dans l'éternument, aucune réaction de la part de l'encéphale sur les muscles de l'appareil respiratoire, Tiedemann rapporte, d'après Treviranus, l'exemple d'un jeune homme privé de l'odorat, depuis sa naissance, et qui néanmoins éternuait après avoir pris du tabac. Mais pourquoi l'éternument n'aurait-il pas eu lieu, puisque, malgré le défaut d'olfaction, les nerfs de sensibilité générale, fournis à la muqueuse nasale par le trijumeau, faisaient encore éprouver à cet homme une sensation de chatouillement suffisante pour le contraindre à éternuer? Aujourd'hui la plupart des physiologistes s'accordent, à juste titre, à regarder l'éternument comme un *phénomène réflexe* de l'axe cérébro-spinal. Afin de confirmer cette manière de voir, je rappellerai que le système des nerfs et des muscles respiratoires peut d'ailleurs, comme dans l'éternument, être mis en jeu pour accomplir d'autres phénomènes dans lesquels assurément le grand sympathique ne saurait être considéré comme appareil central de la réaction. Les irritations locales de presque toutes les membranes muqueuses, comme nous l'avons déjà fait observer (3), peuvent provoquer l'action des nerfs et des muscles indiqués : c'est ainsi que la toux, le vomissement, le hoquet et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'excrétion des urines et des fèces, résultent de stimulations portant sur les muqueuses respiratoire, digestive, génito-urinaire, et propagées au foyer incitateur des mouvements respiratoires (*bulbe rachidien*) par des filets sensitifs appartenant, soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*, t. XXIII, p. 120.
(2) *Mém. cit.*
(3) Page 287.

sympathique lui-même, qui joue ici, comme les autres nerfs, le simple rôle de conducteur.

Maintenant il importe, sans multiplier davantage les exemples, de revenir sur une question qui domine la théorie dans laquelle le système ganglionnaire est regardé comme l'appareil organique spécial des sympathies. J'ai dit plus haut que tout phénomène sympathique, qu'il eût son point de départ dans l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou dans celle des nerfs de la vie végétative, exigeait, pour s'accomplir, que cette excitation se propageât à un centre nerveux irradiateur, apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de la sympathie. Or est-on autorisé à accorder une pareille aptitude aux ganglions nerveux? Cette question me paraît multiple : en effet, les relations sympathiques établies entre organes, se traduisant tantôt par des manifestations de sensibilité ou de mouvement, tantôt par des actes nutritifs, les ganglions pourraient réagir, comme organes centraux et sans le concours de l'axe cérébro-spinal, dans tel ordre de manifestations et non dans tel autre.

Et d'abord, rappelons que, même pour se rendre compte de l'irradiation des impressions, quelques auteurs ont cru pouvoir invoquer l'intervention du système ganglionnaire. Dans cette doctrine, d'ailleurs dénuée de preuves, les ganglions du grand sympathique et ceux des nerfs sensitifs étant assimilés à des demi-conducteurs, on a supposé que les irritations faibles ne sauraient se transmettre de la fibre impressionnée aux autres fibres qui traversent la substance ganglionnaire, tandis que cette substance, devenue conductrice sous l'influence d'excitations vives, permettrait à celles-ci de se propager aux fibres voisines; d'où des impressions multiples. Mais, comme on l'a vu déjà, la cause d'un pareil phénomène réside exclusivement dans l'encéphale. C'est en lui seul que s'opère la dispersion de toute impression agissant sur une fibre périphérique, et c'est par suite de cette dispersion qu'il perçoit plusieurs sensations, qui sont rapportées par nous aux divers points de la surface du corps, correspondant aux fibres cérébrales excitées sympathiquement : car il ne faut pas perdre de vue qu'il paraît être indifférent, pour une sensation, que les fibres nerveuses soient affectées à leur extrémité périphérique, dans leur milieu ou à leur extrémité centrale, puisque, dans tous ces cas, la sensation reste la même, et qu'elle est toujours rapportée aux parties extérieures dans lesquelles les fibres vont se distribuer.

Quant à certains mouvements associés qui s'exécutent irrésistiblement avec le concours de muscles nombreux, et qu'on a appelés *sympathiques*, dans la croyance que le nerf grand sympathique n'était pas étranger à leur production, il est encore expérimentalement démontré qu'ils ne peuvent s'expliquer que par une communication établie, dans l'axe cérébro-spinal, entre les nerfs des différents muscles, et que c'est bien là réellement le siége exclusif de leur principe incitateur et coordinateur.

Ces faits n'empêchent point de se demander si, quand une excitation est transmise aux ganglions sympathiques par leurs filets sensitifs, elle peut ou non, *en se réfléchissant* sur leurs filets moteurs, donner lieu à des mouvements sans le concours de l'axe cérébro-spinal. Cette question nous a déjà occupé : elle a été résolue négativement par les expériences de Volkmann et par les nôtres, auxquelles nous renvoyons le lecteur (p. 285).

Mais il n'en résulte pas nécessairement que, dans les sympathies qui se tra-

duisent par des actes nutritifs et sécrétoires, le système ganglionnaire ne puisse agir comme organe central. Dût-on accepter, comme aussi réelle qu'elle est hypothétique, cette dernière intervention de l'appareil nerveux ganglionnaire, que le plus grand nombre des sympathies, comme nous l'avons avancé, n'en resterait pas moins en dehors de son domaine.

III. Dès qu'on eut reconnu, dans l'axe céphalo-rachidien, une aptitude spéciale à produire des mouvements involontaires dits *réflexes*, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience ; dès que son rôle, dans l'irradiation des sensations et dans l'association des mouvements, fut déterminé, et que son influence sur les actes nutritifs eux-mêmes fut mise hors de doute, la doctrine des sympathies prit une autre direction. Ce que plusieurs physiologistes avaient déjà soupçonné depuis longtemps parut dès lors démontré, c'est-à-dire que tout *consensus* a lieu par l'entremise de l'encéphale ou de la moelle épinière, et qu'il cesse quand ces organes centraux viennent à être détruits ou quand les nerfs ne communiquent plus avec eux. Hâtons-nous de le reconnaître, cette manière de voir s'accorde avec les lois de la dynamique nerveuse que nous connaissons aujourd'hui, lois qui se fondent à la fois sur l'expérimentation et sur une connaissance plus exacte de la structure intime du système nerveux. Ainsi, l'organe qui est le point de départ de la sympathie éprouve une impression ; celle-ci se transmet soit à l'encéphale soit à la moelle, qui la réfléchissent sur un autre organe ou sur un groupe d'organes, et parfois même sur toute l'économie.

Mais il ne suffit pas d'avoir tracé, pour ainsi dire, la marche générale du phénomène, il faut encore rechercher la condition organique spéciale de son existence, et les circonstances qui déterminent ses variations.

On se rappelle que, dans les cordons nerveux simples ou composés, la stimulation d'une fibre primitive ne peut jamais se communiquer à d'autres, tandis que le contraire a lieu pour les fibres qui entrent dans la composition de l'axe cérébro-spinal. Or, comment expliquer une pareille différence de propriété ? Est-ce en supposant que la gaîne épaisse des unes jouit d'un pouvoir isolant qui serait refusé à la gaîne trop mince des autres ? Mais l'observation microscopique a démontré que certaines fibres nerveuses élémentaires, celles des nerfs de sensations spéciales par exemple, sont pourvues de gaînes tout aussi minces que celles des fibres de l'encéphale ou de la moelle, puisque les unes et les autres deviennent également variqueuses sous l'influence de la compression la plus légère. Le *consensus* existant entre les fibres de l'axe cérébro-spinal, *consensus* indispensable à la production des phénomènes sympathiques, ne dépend-il pas plutôt de la substance grise qu'on s'accorde assez généralement à considérer comme le *substratum* de toute activité nerveuse ? Ici je prévois une objection : S'il en est ainsi, dira-t-on, pourquoi, dans les ganglions eux-mêmes, la substance grise, qui ne semble pas se différencier, à l'examen microscopique, de celle de l'axe cérébro-spinal, ne jouirait-elle pas de la même faculté relativement aux fibres sensitives et motrices qui la traversent ? A cela, on peut répondre que, malgré l'uniformité de sa structure, la substance grise n'est pas moins apte à remplir les fonctions les plus différentes, puisque, dans l'encéphale, elle représenterait le foyer incitateur des mouvements volontaires et le centre élaborateur des sensations, et que personne, assurément, ne voudrait soutenir, contre toutes les données de l'expérience, qu'elle remplit le même rôle dans les ganglions. Ajoutons que plusieurs phénomènes d'irradiation, déjà signalés,

ne peuvent évidemment s'expliquer que par le concours de la substance grise: tel est, par exemple, le cas dans lequel, après décapitation, on voit l'irritation des nerfs sensitifs d'un côté du corps se propager aux nerfs moteurs du côté opposé, quand les deux moitiés latérales de la moelle restent unies, dans un point quelconque, seulement par une lame étroite de substance grise.

L'observation démontre que l'excitation de rameaux nerveux déterminés peut, en certaines circonstances, retentir immédiatement sur d'autres rameaux également déterminés, avec une telle constance que, de tout temps, on a cru à une cause organique pour se rendre compte d'une pareille harmonie d'action. Or, le cours particulier des fibres primitives a paru devoir exercer ici une grande influence, et l'on a admis que, dans l'encéphale ou la moelle, celles-là doivent ordinairement se communiquer leur excitation et devenir solidaires les unes des autres, qui sont les plus voisines. Mais il faut aussi tenir grand compte de la nature spéciale de l'irritation ou de la sensation, et, à ce propos, je crois devoir rappeler, avec Rob. Whytt, les exemples suivants : La titillation du conduit auditif à l'aide des barbes d'une plume suffit souvent pour provoquer la toux ; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. — Le sperme, en excitant les nerfs sensitifs de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. — Il arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable quand ces mêmes parties sont ou enflammées ou blessées, etc. Ainsi, sans vouloir nier que le *consensus* entre certaines parties annonce que leurs fibres nerveuses sont rapprochées dans l'encéphale ou dans la moelle, nous ne saurions admettre que tout rapport sympathique entre organes ne dérive que de ce rapprochement.

L'accroissement de l'excitabilité des nerfs ou des centres nerveux, soit par des agents chimiques, soit par différents états morbides, a également une influence qu'il importe de signaler. Sous l'empire de simples excitants physiologiques, on voit alors se produire des effets sympathiques qui n'ont jamais lieu avec le degré d'excitabilité normale. C'est ainsi, par exemple, que le moindre attouchement de la peau, dans une région quelconque du corps, chez un animal empoisonné par l'azotate de strychnine, occasionne des mouvements convulsifs généraux, souvent précédés d'un cri qui semble annoncer l'irradiation de sensations douloureuses. Certaines femmes hystériques accusent des douleurs assez vives le long du rachis, douleurs qui parfois offrent ceci de particulier, que la pression exercée sur les apophyses épineuses cervicales fait naître la sensation d'un corps étranger arrêté dans la gorge, tandis que la même pression sur la région dorsale provoque un serrement pénible vers l'épigastre: or, une pareille association de sensations, ne pouvant tenir à ce que les parties ont contracté de nouveaux rapports nerveux avec les organes centraux, semble dépendre de la plus grande excitabilité de ces derniers; car, s'il en était autrement, les mêmes effets devraient s'observer à l'état normal, et l'on ne saurait comprendre ces sensations morbides succédant à un acte physiologique comme l'exercice du toucher. C'est par l'exagération de l'excitabilité des nerfs que s'expliquent encore les effets sympathiques anormaux dont le point de départ se trouve dans certaines membranes enflammées, pourtant soumises à leurs excitants habituels: dans l'ophthalmie intense, la pupille se resserre; dans la bron-

chite, l'impression d'un air froid provoque la toux ; dans la gastrite, les aliments ne sont plus supportés, il y a vomissement, etc.

Après avoir reconnu que le système nerveux est l'agent unique des sympathies, que celles-ci s'établissent par l'intermédiaire de l'encéphale ou de la moelle, à certaines conditions dont nous avons essayé de déterminer les plus importantes, il reste à mentionner quelques-uns des rapports sympathiques de l'économie. L'énumération suivante, dans laquelle nous nous abstiendrons, à dessein, d'accorder à la distinction de la sympathie et de la synergie l'importance qu'on a voulu lui donner, suffira pour démontrer que, si l'idée de sympathie n'exclut pas constamment celle d'un enchaînement naturel de fonctions, il est pourtant juste de reconnaître que le nombre des sympathies physiologiques est bien restreint par rapport à celui des sympathies pathologiques. Du reste, nous sommes prêt à reconnaître que les unes et les autres reposent sur les mêmes lois, que leur mécanisme est au fond le même, et que leurs conditions de production seules sont différentes. Ajoutons qu'elles ont pour caractère commun de se produire irrésistiblement, fatalement, c'est-à-dire de ne pouvoir être dominées par la volonté, ce qui explique peut-être pourquoi tant d'auteurs ont voulu les placer sous la dépendance du système nerveux ganglionnaire.

1° On sait que certaines sensations, ayant leur point de départ dans une région très limitée du corps, peuvent provoquer une irradiation sensitive fort étendue, telle que celle qu'on observe, par exemple, à la suite du chatouillement de la plante des pieds ou de la stimulation des parties génitales externes. L'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée ; l'irradiation douloureuse dans certains névromes ; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable ; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en mangeant de la glace ; l'agacement dentaire que d'autres ressentent en entendant le cri de la scie ou le grincement du verre qu'on divise avec le diamant ; le prurit des fosses nasales par suite de l'impression d'une lumière trop vive sur l'œil ; les sensations accessoires qui succèdent à la brûlure et s'étendent bien au delà du point lésé ; la démangeaison du nez, coïncidant avec l'impression déterminée par les vers à la surface du tube digestif ; le prurit du gland qui coexiste avec l'irritation de la muqueuse de la vessie par un calcul ; les douleurs concomitantes du foie et de l'épaule droite ; la douleur sympathique du genou dans la coxalgie ; les douleurs testiculaires ou utérines qui se font également sentir aux lombes ; la sensation voluptueuse qui retentit à la fois au mamelon et au clitoris, après le chatouillement du premier, etc., sont autant d'effets sympathiques normaux ou anormaux qui se rattachent à la loi d'association des sensations, et dont la cause, comme on l'a vu, semble résider exclusivement dans l'axe cérébro-spinal.

2° Il est d'autres relations sympathiques qui, se traduisant à la fois par des manifestations de sensibilité et de mouvement, peuvent rentrer dans la loi du pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal, telle qu'elle a été interprétée par divers physiologistes : comme les précédentes, ces relations s'établissent, pour ainsi dire, fatalement et sans que la volonté puisse les rompre. Nous citerons, comme phénomènes

qu'enfin l'excitation extérieure devenant encore plus vive, quoique limitée à la même place, les quatre membres s'agitaient convulsivement. Ces différences dans les résultats s'expliquent, sans doute, en supposant que l'incitation centripète peut, selon son intensité, s'irradier plus ou moins loin *à travers l'axe gris* de la moelle duquel procède l'incitation centrifuge, qui elle-même va se communiquer à un plus ou moins grand nombre de nerfs moteurs.

Si, chez des grenouilles décapitées, après avoir fendu la moelle jusqu'à son extrémité postérieure sur la ligne médiane, et avoir laissé seulement une mince communication entre les deux moitiés de l'organe, nous sommes parvenu quelquefois, en irritant fortement la surface cutanée d'un membre, à provoquer des mouvements réflexes, non-seulement dans ce membre, mais encore dans celui du côté opposé, il nous semble permis de croire que la portion de la commissure grise demeurée intacte ne doit pas être étrangère à la propagation de l'irritation d'un côté à l'autre.

Si, à l'aide de variations dans l'intensité du stimulus appliqué, nous avons pu rendre compte de celles que nous avons observées précédemment dans les mouvements réflexes des membres, il faut chercher une autre théorie pour expliquer certains mouvements involontaires beaucoup plus complexes, qui ailleurs se produisent constamment, de préférence à d'autres, après l'excitation d'une partie déterminée.

L'idée de rechercher la cause du rapport existant entre telle irritation et tel mouvement réflexe, n'a point échappé à la sagacité de Rob. Whytt qui a écrit si bien sur les sympathies. Aussi croyons-nous ne pouvoir mieux faire que de rappeler d'abord plusieurs des questions que s'adresse le physiologiste anglais, en vue du problème à résoudre. Whytt (1) se demande pourquoi l'irritation de la muqueuse nasale occasionne l'éternument plutôt que la toux, le hoquet ou le vomissement; pourquoi le premier de ces mouvements convulsifs n'accompagne pas les douleurs de dents, les impressions vives faites au visage, aussi bien que celles qu'on dirige sur la muqueuse du nez, la même paire nerveuse se distribuant à ces diverses parties; pourquoi encore une irritation violente du rectum ou de la vessie provoque une contraction continue du diaphragme et des muscles abdominaux, plutôt que des contractions alternatives ou intermittentes, comme il arrive dans la toux, le hoquet, etc.

Whytt, rejetant avec raison l'idée que le choix de pareils mouvements puisse résulter de la simple connexion des nerfs entre eux, le fait dépendre « d'une sensation particulière excitée dans les parties, et communiquée au cerveau ou *à la moelle de l'épine*, » organes qui, pour lui, sont la vraie et unique origine de ces mouvements. Puis, pour confirmer son opinion et prouver qu'en effet chaque mouvement sympathique est bien déterminé par la spécialité de l'excitation ou de la sensation, il cite les exemples suivants : — La titillation du conduit auditif à l'aide des barbes d'une plume suffit souvent pour faire tousser; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. — Le sperme, en irritant les nerfs sensitifs de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. — Il

(1) *Les vapeurs et maladies nerveuses*, trad. franç. de LEBÈGUE DE PRESLE. Paris, 1767, t. I, p. 276 à 301.

l'éternument, la toux et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces : c'est là, en effet, un groupe de mouvements qui s'accomplissent nécessairement et toujours de la même manière, qui ne dépendent ni de l'exercice ni de l'habitude, et qui, par conséquent, résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

4° Le *consensus*, entre les fibres sensitives cérébro-spinales et les fibres nerveuses spécialement destinées au système vasculaire, ne saurait être révoqué en doute. Le mamelon s'érige quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs ; il en est de même de la verge. La peau de la face rougit, et ses artères plus réitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé. La congestion sanguine ou l'augmentation de la sécrétion peut aussi ne pas avoir lieu dans le point directement excité, mais se manifester loin de celui-ci, par exemple dans la glande lacrymale après l'irritation de la pituitaire, dans les glandes salivaires après celle de la muqueuse de la bouche ou même de l'estomac, dans la prostate après les attouchements du pénis. Faisons remarquer ici, en passant, que la condition organique de pareilles sympathies ne doit pas être rapportée, comme on l'a fait trop souvent, à la continuité des membranes, mais bien au système nerveux lui-même : combien de fois, par exemple, malgré la complète interruption du conduit parotidien, n'a-t-on pas vu la sécrétion de la parotide continuer sous l'influence d'aliments mis dans la bouche? La difficulté consiste à déterminer la portion du système nerveux au moyen de laquelle s'opère la relation sympathique entre les fibres sensitives et les fibres vaso-motrices. Nous avons déjà exposé les arguments qui nous ont fait supposer que les ganglions sympathiques et intervertébraux pourraient bien n'être pas tout à fait étrangers à cette relation, qui, d'ailleurs, réclame certainement le concours de l'axe cérébro-spinal, comme source de la sensibilité des parties.

Les faits suivants semblent être de nature à faire croire à une influence plus importante et plus directe de la part de ce dernier organe sur les nerfs spéciaux qui, en modifiant la contractilité des vaisseaux sanguins, réagissent médiatement sur les actes de sécrétion, etc. Certaines émotions de l'âme arrêtent momentanément la transpiration cutanée ou provoquent une sueur abondante ; la sécrétion de la salive augmente dans la colère, diminue dans la frayeur ; la peur occasionne la diarrhée et suspend la menstruation ; le chagrin et la joie font couler les larmes ; le seul souvenir d'un aliment agréable peut faire affluer la salive dans la bouche ; les idées qui ont trait au rapprochement des sexes éveillent des sensations particulières au périnée, produisent l'érection et une congestion dans les glandes des organes génitaux ; les pensées qui surgissent, chez la nourrice, à la vue de son nourrisson, excitent les conduits excréteurs des glandes mammaires à expulser leur contenu ; par suite d'affections morales vives, le lait acquiert parfois des qualités nuisibles, etc.

En terminant l'étude des rapports du système nerveux avec les phénomènes sympathiques, je ne dirai que quelques mots sur l'*antagonisme* considéré dans les fonctions de ce système, attendu qu'il me semble impossible d'en préciser la théorie.

vant les uns, dans les ganglions ou encore dans les anastomoses nerveuses, suivant les autres, qu'il faut chercher la condition organique principale de l'exercice des sympathies.

Dans notre opinion, tout phénomène sympathique, qu'il résulte de l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou de celle des nerfs de la vie végétative, qu'il se traduise par des actes sensitifs et moteurs ou par des actes nutritifs et sécrétoires, exige, pour s'accomplir, que cette excitation se propage à un centre nerveux apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de l'irradiation sympathique.

I. Ceux qui prétendent expliquer les sympathies par les anastomoses des nerfs entre eux (quoique ces prétendues anastomoses consistent en un simple accolement de fibres et non en une fusion des unes dans les autres), supposent que l'excitation d'une fibre primitive peut se communiquer *directement* à d'autres, et, par celles-ci, aux différents organes qu'elles animent. Mais nous le savons déjà, l'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf est démontrée à la fois par les expériences et par la simple observation (1). Un même tronc nerveux pouvant réunir, pour le besoin des parties, des filets de sentiment, des filets de mouvement et d'autres encore en rapport avec les opérations chimiques de la vie, il est aisé de comprendre la confusion qui en résulterait dans les fonctions d'un pareil nerf, si les filets, dont il est l'assemblage, pouvaient s'influencer mutuellement. En effet, les anastomoses des nerfs étant supposées avoir le même usage, par rapport à la transmission du principe nerveux, que celles des vaisseaux eu égard aux liquides circulatoires, aucune action nerveuse locale et distincte ne pourrait s'accomplir, ni de l'encéphale aux parties périphériques, ni des parties périphériques à l'encéphale. Et d'ailleurs, dans cette théorie, comment expliquer que tant de points de notre corps, qui reçoivent des rameaux d'un même tronc nerveux, ne sympathisent jamais, tandis qu'il existe, au contraire, une sympathie très marquée entre d'autres points dont les nerfs n'ont aucune communication les uns avec les autres? Pourquoi aussi, dans les relations sympathiques entre deux organes, serait-ce toujours ou presque toujours le même duquel partirait l'irradiation, et pourquoi n'y aurait-il pas réciprocité d'influence?

II. Puisque le rôle qu'on avait voulu faire jouer ici aux anastomoses nerveuses ne saurait être admis, il nous faut examiner la valeur d'une autre hypothèse dont la vogue fut grande, surtout parmi les anatomistes du commencement de ce siècle, hypothèse dans laquelle le système ganglionnaire est considéré comme l'appareil organique spécial des sympathies. Mais, hâtons-nous de le dire, l'étude approfondie des phénomènes dus à l'irradiation des sensations, à l'association des mouvements et au *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, étude dont les résultats ont été consignés plus haut, a restreint de beaucoup le champ d'action du système ganglionnaire dans les sympathies, et en a placé le plus grand nombre en dehors de son domaine.

A l'appui de cette dernière assertion, je crois utile de présenter l'analyse critique d'exemples que j'emprunterai surtout à Tiedemann, à Fréd. Arnold, défenseurs ardents de l'hypothèse précédente, et de rendre à ces exemples leur véritable interprétation.

(1) Voy. plus haut, p. 217 et 227.

vanomètre, l'existence de courants électriques dans l'encéphale, la moelle épinière, ou dans les nerfs du chien, du lapin et de la grenouille, nous avons voulu, Matteucci et moi (1), tenter un nouvel essai sur un animal d'une grande stature (*cheval*), espérant ainsi nous placer dans les conditions les plus favorables à ce genre de recherches.

Le galvanomètre duquel nous avons fait usage dans ces nouvelles expériences, construit par Ruhmkorff, était d'une grande sensibilité : le fil conducteur, décrivant deux mille cinq cents tours, était muni à chacune de ses extrémités d'une lame de platine fixée sur un manche d'ivoire, et vernie de manière à ne laisser découvert qu'un centimètre carré de sa surface. L'aiguille faisait une oscillation en soixante et dix secondes.

Avant leur application aux parties nerveuses, les deux lames de platine furent immergées dans l'eau de fontaine, pendant fort longtemps, et jusqu'à ce que les signes de courant, qui s'observent ordinairement lors des premières immersions, eussent complétement disparu (*).

Alors, le cheval ayant été renversé vivant sur une table, son nerf sciatique fut isolé des muscles voisins (à l'aide de taffetas verni ou de lames de verre), dans une longueur de 20 à 30 centimètres, essuyé avec soin et laissé en communication avec l'axe cérébro-spinal ; puis, après s'être encore assuré que l'aiguille restait constamment à zéro, quoiqu'on retirât de l'eau et replongeât alternativement dans ce liquide l'une ou l'autre lame de platine, on mit ces lames en contact avec la surface du sciatique, et, après l'ablation du névrilème, avec différents points de l'intérieur de ce nerf si volumineux.

L'intervalle de dérivation, c'est-à-dire la distance comprise entre les deux lames, étant d'abord de 3 à 4 centimètres, tantôt l'aiguille se maintint à zéro, tantôt elle dévia de quelques degrés pour revenir bientôt à zéro. Cet intervalle ayant été brusquement porté jusqu'à 15 et 20 centimètres, la déviation aurait dû être notablement augmentée dans le même sens, si des courants électriques existaient dans les nerfs. Il n'en fut rien : ou bien l'aiguille ne dévia pas d'un plus grand nombre de degrés que dans le cas précédent, et encore sa déviation ne fut-elle que momentanée, ou bien celle-ci manqua entièrement.

Il importe de rappeler que, pendant la durée de ces expériences, par suite de la douleur que volontairement on excitait chez l'animal, son train postérieur était le siége de contractions énergiques et répétées, et que, par conséquent, les extré-

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Ann. méd.-psychol.*, nov. 1844, et *Ann. de chimie et de physique*, même année).

(*) Quand on se propose de rechercher, à l'aide du galvanomètre, si des courants électriques existent dans les nerfs, il ne faut pas appliquer les extrémités du fil de l'instrument à la fois aux nerfs et aux muscles, c'est-à-dire à deux substances hétérogènes communiquant directement entre elles ; car, en fermant le circuit au moyen du fil du galvanomètre, celui-ci décèlerait, dans une pareille expérience, non point l'électricité qu'on suppose exister dans les nerfs, mais celle qui aurait été produite au contact de ces tissus différents. Il faut donc appliquer le fil conducteur seulement à un nerf en communication avec l'axe cérébro-spinal, et observer l'aiguille pendant les contractions musculaires. Sa déviation ayant lieu, on serait autorisé à regarder l'agent incitateur transmis aux muscles par le nerf, comme de nature électrique, si, en renversant le courant, c'est-à-dire en le faisant passer dans le fil du galvanomètre en sens opposé à celui qu'il avait suivi d'abord, on obtenait aussi une déviation de l'aiguille opposée à la première. On sait, en effet, qu'un courant électrique, étant supposé partir du pôle positif pour se rendre au pôle négatif d'une pile, fait tourner l'aiguille aimantée de manière à la mettre en croix avec lui, le pôle austral à gauche ; par conséquent, le sens de la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre indique celui du courant qui circule dans le fil ; en renversant ce courant, on renverse aussi la direction de l'aiguille.

mités du galvanomètre ont été mises en rapport avec le nerf sciatique, au moment même où il transmettait l'influence excitatrice aux muscles de la cuisse et de la jambe.

Si, en variant nos essais, nous avons vu quelquefois survenir une légère déviation de l'aiguille, il est important de noter que cette déviation n'a pas changé de sens, quoiqu'on intervertît les contacts ; que, d'ailleurs, elle a lieu toutes les fois que le nerf n'est pas touché simultanément par les deux lames du galvanomètre, et qu'au moment où l'on plonge ces lames successivement dans l'eau, on constate aussi des déviations qui ne diffèrent pas de celles qu'on observe en implantant les extrémités de l'instrument dans le nerf lui-même.

Ainsi, malgré la grande sensibilité de notre galvanomètre et les conditions si favorables de l'expérience, jamais nous n'avons pu obtenir des signes distincts de courant dérivé marchant dans une direction définie et constante.

A l'aide du galvanomètre, Matteucci (1) avait déjà constaté ces mêmes résultats négatifs, chez la torpille vivante, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à son appareil électrique. Dans cet animal, dont l'exemple est si souvent invoqué par les électro-nervistes, pas plus que dans les autres animaux, le système nerveux ne semble donc ni engendrer ni conduire aucun courant appréciable, quoique, comme on le verra plus loin, son influence immédiate soit indispensable à la production de l'électricité dans l'appareil électrique lui-même.

Avant nous, Prévost et Dumas, Person, David, etc., avaient fait connaître les résultats de recherches multipliées qu'ils avaient entreprises dans le but de vérifier l'hypothèse des courants électriques dans le système nerveux.

Pour intercepter le courant dont ils supposaient l'existence, Prévost et Dumas (2), ayant choisi les pneumogastriques d'un animal sain, et les plexus sciatiques d'un autre animal frappé de tétanos, mirent les extrémités d'un galvanomètre en rapport avec les cordons nerveux au moment où ils transmettaient aux fibres musculaires l'influence irritante. Mais, soit que ces extrémités eussent été appliquées à diverses parties des nerfs intacts, soit qu'elles eussent été fixées aux bouts supérieur et inférieur du nerf divisé, l'action électro-motrice fut toujours inappréciable : même insuccès, en agissant sur les diverses portions de la moelle ou du cerveau.

« Sur de jeunes chats, dit Person (3), sur des chiens et des lapins, j'ai mis les pôles du galvanomètre en communication avec les parties antérieure et postérieure de la moelle : j'ai fait pénétrer les fils de l'instrument dans différents points de l'épaisseur de plusieurs nerfs volumineux, espérant les mettre ainsi en rapport avec des courants dirigés en sens inverse ; j'ai répété ces expériences après avoir injecté dans l'abdomen de la teinture de noix vomique, afin de pouvoir exciter à volonté la contraction musculaire. Des essais analogues ont été faits sur des anguilles et des grenouilles, qui vivent longtemps sous l'influence de la strychnine. Jamais je n'ai aperçu un indice certain d'électricité. Cependant je me suis servi de plusieurs galvanomètres d'une sensibilité extrême. »

Pour prouver combien il faut se défier des circonstances accidentelles dans ces sortes de recherches, Person rapporte qu'ayant mis une goutte d'eau sur du zinc,

(1) *Traité des phénomènes électro-physiol. des animaux.* Paris, 1844, p. 150.

(2) *Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire* (*Journal de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 328).

(3) *Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs* (*Journ. de physiol. expérimentale*, 1830, t. X, p. 216).

afin de reconnaître si le galvanomètre fonctionnait bien, il toucha l'eau d'une part, le métal de l'autre, et que l'instrument accusa, par une grande déviation de l'aiguille, le courant qui a lieu dans ce cas; puis il ajoute que, cette épreuve étant faite, il procéda à une expérience sur l'animal vivant. La colonne vertébrale d'un jeune chien fut coupée, sans intéresser l'aorte, et au moment où les fils de platine furent mis en contact avec la moelle, il y eut une déviation de trente à quarante degrés; mais cette déviation ne changeant pas de sens, quoiqu'on intervertît les contacts, on soupçonna une action chimique à l'un des fils. En effet, en les plongeant dans du sang ou dans de l'eau, après en avoir appuyé un sur du zinc, il se produisait un courant qui durait jusqu'à ce que la parcelle du zinc adhérente fût oxydée.

Cependant d'autres expérimentateurs prétendent être parvenus à déceler la présence naturelle de l'électricité dans le système nerveux. Après avoir fait l'exposé critique de leurs expériences, je rappellerai aussi les arguments de ceux qui soutiennent que, quand bien même aucun indice de dérivation ne serait obtenu à l'aide des instruments galvanométriques les plus sensibles, il n'en résulterait point nécessairement que des courants électriques n'existent pas en réalité dans le système nerveux.

Au rapport de David (1), un courant capable de dévier d'une manière sensible l'aiguille d'un multiplicateur de Schweiger a été constaté par lui dans le nerf sciatique d'un lapin, pendant que l'animal exécutait des mouvements. Mais le récit de David contient plusieurs faits contradictoires; et, d'ailleurs, il est de toute évidence que cet auteur n'a pris aucune des précautions indispensables au véritable succès de pareilles expériences, ce qui suffit pour réfuter complétement son assertion. C'est ainsi, par exemple, qu'il n'a pas même songé à rechercher si la déviation obtenue changeait, ou non, de sens en intervertissant les contacts.

Suivant le même expérimentateur, si, par la section, on prive un nerf de toute communication avec la moelle épinière, et qu'on implante les aiguilles dans l'extrémité isolée, malgré l'action mécanique la plus forte dirigée sur cette extrémité nerveuse, l'aiguille aimantée reste immobile. Ce résultat négatif semble contredire le résultat fondamental. En effet, que ce soit une force *sui generis* ou l'électricité qui réagisse dans le système nerveux, toujours est-il que l'irritation mécanique d'un nerf moteur qui vient d'être séparé à l'instant même de l'axe cérébro-spinal est suivie de contractions violentes : or, puisque, dans l'hypothèse de l'auteur, c'est le fluide électrique qui intervient lors des contractions musculaires, comment donc se fait-il que, dans ce cas, où le courant, s'il existait, devrait encore être si appréciable, l'aiguille aimantée demeure immobile et n'accuse aucune trace de ce courant?

Beraudi (2) rapporte qu'après avoir implanté trois aiguilles de fer dans le nerf sciatique d'un lapin, et les avoir retirées au bout d'un quart d'heure, il vit avec surprise que chacune d'elles avait acquis la propriété d'attirer des parcelles de limaille de fer.

Prévost (3) (de Genève) cite une expérience analogue. Une aiguille très fine,

(1) *De l'identité du fluide nerveux et du fluide électrique*, 1830. Thèse inaug., n° 196.

(2) *Arch. génér. de médecine*, 1829, t. XX, p. 423 et suiv.

(3) *Note sur le développement d'un courant électrique qui accompagne la contraction de la fibre musculaire* (*Biblioth. univers. de Genève*, nov. 1837, et *Ann. des sc. nat.*, Zoologie, 1837, t. VIII, p. 319).

plongée dans la cuisse d'une grenouille, suivant la direction des fibres musculaires, serait devenue magnétique, mais seulement pendant le temps que duraient l'irritation et la contraction des muscles.

Lembert et Jobert (1) ont vu des fils de lin être attirés par le nerf sciatique, par le cerveau et la moelle épinière mis à nu chez des animaux vivants.

J'ai répété les expériences de Beraudi et de Prévost, en ne négligeant aucune des conditions signalées par ces auteurs, sans jamais trouver la moindre polarité aux aiguilles dont j'avais fait usage; seulement j'ajouterai que, Prévost n'ayant point dit s'il avait employé des aiguilles d'acier ou de fer doux, j'ai cru devoir me servir des unes et des autres.

La limaille de fer étant un moyen d'appréciation magnétique fort incomplet, Matteucci (2), pour reconnaître si l'aimantation des aiguilles d'acier est réelle dans de semblables expériences, a eu recours aux aiguilles d'un excellent système astatique et à celles du sidéroscope de Lebaillif, mais sans aucun succès. Le même physicien a introduit la cuisse et la jambe d'une grenouille récemment préparée dans l'intérieur d'une spirale de fil de cuivre verni, dont les extrémités étaient unies à celles d'une autre plus petite renfermant un fil de fer doux; puis il a irrité le nerf sciatique, en observant en même temps si un courant d'induction parcourait les spirales et aimantait le fil de fer. Toutes ses recherches ont été vaines.

Quant à l'expérience que j'ai rapportée plus haut, et qui consiste, suivant Jobert, à faire attirer un fil de lin par un nerf, par le cerveau ou la moelle épinière, elle m'a réussi également bien avec les muscles, le doigt humide, et tout corps, même inerte, imprégné d'eau tiède. La prétendue attraction résulte ici de l'impulsion de l'air froid qui souffle le fil vers le corps chaud, tandis qu'un courant d'air chaud, mêlé de vapeur aqueuse, s'élève de ce corps : l'électricité n'a donc rien à revendiquer dans un pareil résultat.

Quoique nulle expérience, dirigée avec les précautions convenables, n'ait permis jusqu'à présent de constater l'existence d'un courant électrique dans une portion quelconque du système nerveux *à l'état d'intégrité absolue*, les électro-nervistes n'ont pas cru devoir abandonner leur séduisante hypothèse, et ils ont fait à l'emploi du galvanomètre, en particulier, diverses objections. Suivant eux, si, dans ce cas, un nerf ne donne aucun indice de dérivation d'électricité, cela prouve seulement que le courant qu'ils y admettent est complétement isolé dans les tubes des filets primitifs; et, en effet, ils supposent que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une substance grasse isolante, comprise entre lui et la paroi de son propre tube; qu'ainsi chaque filament ne conduit le courant que dans le sens de sa longueur, et que, du reste, l'action du nerf sur le galvanomètre est détruite par la présence de courants centripètes et de courants centrifuges dans les filets d'un seul et même tronc nerveux.

D'abord, on peut répondre qu'un courant électrique, fût-il empêché par un corps isolant de communiquer immédiatement avec un corps conducteur, n'en est pas moins apte à développer dans celui-ci un courant d'induction. Resterait, il est vrai, l'hypothèse fondée sur la présence, dans les nerfs, de deux courants opposés égaux en intensité et se neutralisant de manière à détruire tout effet électro-magné-

(1) JOBERT, *Études sur le syst. nerv.* Paris, 1838, p. 47.
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants.* Paris, 1847, édit. franç., p. 263.

musculaire se décolorer, perdre peu à peu ses caractères organiques, et, plus tard, sa propriété essentielle, l'irritabilité; alors, aussi, toute trace de courant avait disparu.

L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et encore imparfaitement déterminée du système nerveux.

Quant au *courant propre de la grenouille*, ainsi appelé parce que, jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pu en reconnaître l'existence que dans cet animal, Matteucci a démontré son identité avec le *courant musculaire;* aussi ce que nous avons dit du rôle du système nerveux par rapport à l'un peut-il s'appliquer également à l'autre.

III. On sait que les électro-nervistes ont prétendu que l'électricité pouvait *suppléer la force nerveuse* pour déterminer la contraction des muscles. Mais il me fut facile de faire ressortir, à l'aide d'expériences directes, toute l'inexactitude d'une pareille assertion. En effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité et la force nerveuse étaient identiques, si l'une pouvait suppléer l'autre dans ses effets, il est évident que les mouvements musculaires devraient persister, d'autant mieux que les muscles demeurent encore directement irritables, pendant un laps de temps indéterminé, même sous l'influence des stimulants mécaniques. Il est vrai qu'alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter la fibre musculaire, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles; mais les contractions qu'on observe, dans ce cas, dépendent d'une action directe et

par une action encore inconnue, *dans ces appareils eux-mêmes*, sous l'influence immédiate du système nerveux, mais que ce dernier n'engendre et ne conduit aucun courant électrique. Ici l'influence du système nerveux sur ces organes semble être du même ordre que celle qu'il exerce sur la contraction musculaire; seulement il est tout aussi impossible de dire aujourd'hui quel mystérieux rapport unit la production de l'électricité à l'influx nerveux, que de saisir la relation singulière qui existe entre celui-ci et la contraction instantanée d'un muscle.

Galvani et Spallanzani avaient observé qu'en coupant les nerfs de l'un des organes, la décharge cesse de ce côté, tandis qu'elle continue du côté opposé; mais Matteucci (1) a reconnu que, pour empêcher la décharge, il n'était pas nécessaire de couper les nerfs, qu'il suffisait de les lier (*) : or chacun sait qu'une simple ligature ne peut arrêter que l'influx nerveux, et ne saurait apporter, en pareil cas, aucun obstacle à la propagation de l'électricité, si réellement elle partait de l'encéphale pour parcourir les nerfs, et se manifester au dehors à la surface des organes électriques. Rappelons encore qu'à l'aide du galvanomètre, Matteucci (2) n'a jamais pu obtenir des signes distincts de courant dérivé, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à ces derniers organes.

II. Il est d'autres manifestations électriques qui pourraient paraître d'autant plus favorables à l'opinion que j'examine, qu'elles ne sont plus propres à telle ou telle espèce animale, ne nécessitent plus la présence d'un appareil spécial, mais qu'on les observe chez tous les animaux : je veux parler d'abord du *courant électrique musculaire*, duquel Matteucci (3) a récemment démontré l'identité *avec le courant propre de la grenouille*. Cependant, comme j'essayerai de le prouver tout à l'heure, ces faits ne sauraient encore profiter aux électro-nervistes.

Sur un animal vertébré quelconque, vivant ou récemment tué, après avoir mis à nu un muscle et l'avoir incisé, si l'on applique les deux extrémités du fil d'un galvanomètre, l'une à sa partie incisée et profonde, l'autre à la partie intacte et superficielle du même muscle, la déviation de l'aiguille révèle constamment, d'après les observations de Matteucci (4), l'existence d'un courant électrique. Mais, pour obtenir des effets plus sensibles et pouvoir rigoureusement déterminer la direction du courant, ce physicien a indiqué un mode d'expérimentation fort ingénieux. On coupe, sur un animal, des tranches de muscles, de façon que chacune d'elles présente une surface intacte, et l'on dispose, sur un appareil isolant ces masses charnues les unes à la suite des autres, sous forme de pile, en prenant

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 108.

(*) Les expériences de cet auteur, sur l'encéphale de la torpille, sont des plus curieuses. « Les premiers lobes cérébraux, dit-il (*Ann. des sc. nat.*, Zool., 2e série, t. VIII, p. 210), peuvent être irrités, coupés, détruits tout à fait, sans que la décharge cesse d'avoir lieu. Les lobes qui suivent les premiers donnent lieu, lorsqu'on les touche ou qu'on les blesse, à de fortes contractions musculaires, et quelquefois même, si l'animal est très vivant, à des décharges électriques; pourtant on peut les couper sans que cela arrête la décharge. Le troisième lobe peut être irrité, blessé, enlevé tout à fait, sans contraction, et sans que la décharge électrique cesse encore. Le dernier lobe du cerveau (*lobe électrique*), que je regarde comme un renflement de la moelle allongée, de laquelle partent les nerfs qui vont à l'organe, est la seule partie du cerveau qu'on ne puisse toucher sans avoir de très fortes décharges électriques. Celle-là détruite, toute décharge devient impossible, quand même on laisserait le reste du cerveau intact. »

(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1844, p. 150.

(3) *Leçons sur les phénom. phys. des corps vivants.* Paris, 1847, p. 211, édit. franç.

(4) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 51.

le soin que toujours une surface musculaire intacte soit en rapport immédiat avec l'intérieur de la masse musculaire incisée; puis, les deux extrémités de cette pile, intérieur et surface, plongeant dans des capsules d'eau où se trouvent les extrémités du fil d'un galvanomètre, on voit bientôt l'aiguille se dévier de manière à accuser un courant constamment dirigé de l'intérieur à la surface du muscle, courant dont l'intensité, toutes choses égales d'ailleurs, est en rapport avec le nombre des éléments.

L'expérience se dispose surtout très promptement, si l'on fait usage d'une pile musculaire construite avec des demi-cuisses de grenouilles, et si, au lieu de galvanomètre, on veut se servir, comme je l'ai fait bien souvent, de la *patte* dite *galvanoscopique* (*); seulement, dans ce cas, pour conclure la direction du courant dans la pile, il importe de bien se rappeler certaines lois de l'influence du courant électrique sur le système nerveux (1).

Il est facile de pressentir combien doit être grande l'énergie des actions chimiques qui accompagnent particulièrement la nutrition des muscles : or, si dans toute action chimique il y a production d'électricité, l'origine de ce fluide, dans le cas particulier dont il s'agit, peut donc être attribuée au travail nutritif même des muscles, dont le tissu est le siége de réactions entre les éléments du sang et l'oxygène absorbé dans les voies aériennes. Mais, de ce que les expériences démontrent l'existence d'un courant électrique dans le tissu musculaire, s'ensuit-il qu'en l'absence des conditions toutes spéciales que fait naître l'expérimentateur lui-même, un semblable courant doive se rencontrer dans les animaux auxquels on n'a fait subir aucune mutilation? Tout porte à croire, au contraire, que la production d'électricité dans les muscles est analogue à celle qui résulte du contact du zinc seul avec un liquide acide, cas dans lequel les fluides, un instant séparés, se recomposent dans le lieu même de leur séparation, et qu'ainsi, dans l'état normal du muscle, il ne peut y avoir que des courants moléculaires produits par la formation et la destruction, dans les mêmes points, d'états électriques contraires. Pour qu'un courant se développe, pour que la circulation des fluides isolés devienne évidente, il faut que la communication, par un bon conducteur, soit établie entre un grand nombre de points de la masse musculaire et d'autres de nature différente qui ne subissent pas la même action chimique de la part du sang. Or, ces conditions se trouvent remplies dans les expériences que nous avons précédemment exposées : en effet, la texture peu vasculaire du tissu qui enveloppe les muscles ou les termine tend à faire admettre que les phénomènes de nutrition sont moins actifs dans ce tissu que dans la fibre musculaire elle-même, que ces deux parties ne sont pas le siége de la même action chimique, et que, par conséquent, dans chaque élément d'une pile musculaire, elles se constituent dans deux états électriques différents; de plus, comme on jette entre elles un corps suffisamment conducteur, les fluides séparés se combinent en suivant cette voie, et dès lors un courant électrique peut réellement se développer.

Maintenant, pour revenir au problème qui nous occupe, celui de l'identité du fluide électrique et de la force nerveuse, il importe qu'on sache bien que la pré-

(*) Ce petit appareil, très commode et très sensible, qui permet d'étudier le courant musculaire dans bien des circonstances où le galvanomètre cesse d'être applicable, n'est autre chose qu'une jambe de grenouille fraîchement écorchée, désarticulée avec beaucoup de soin à son union avec la cuisse, de manière à y laisser adhérent le nerf sciatique bien intact.

(1) Voy. plus haut, p. 233.

cédente manifestation électrique, qui est due au travail nutritif des muscles, n'est nullement sous la dépendance *immédiate* du système nerveux, et que la prétendue circulation de l'électricité, dans les nerfs musculaires des animaux vivants, est loin de trouver là un argument en sa faveur. Des piles construites avec des *demi-cuisses* de grenouilles, auxquelles, par une dissection attentive, on a enlevé leurs rameaux nerveux, présentent une énergie tout aussi grande que d'autres formées de ces mêmes parties encore pourvues de leurs nerfs. Bien plus, qu'on suppose deux piles musculaires, l'une formée de demi-cuisses de grenouilles intactes avant l'expérience, l'autre d'un même nombre de ces segments pris sur des grenouilles privées depuis plusieurs jours de leur moelle lombaire, et l'on constate, selon Matteucci (1), que le courant le plus intense se rencontre dans la pile dont les muscles sont plus gorgés de sang, c'est-à-dire ceux des grenouilles dont la moelle est détruite.

Ayant démontré qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (2), et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus, j'ai voulu savoir si, dans les muscles traversés par ces ramuscules devenus inertes, l'intensité du courant musculaire était moindre que dans les muscles correspondants du côté sain; mais je n'ai pu constater aucune différence appréciable.

Quoique le système nerveux n'ait, par conséquent, aucune action directe et immédiate sur la production du courant musculaire, il y a néanmoins de l'intérêt à connaître le rôle qu'il peut remplir dans la propagation de ce dernier. Sur des animaux vivants, Matteucci, ayant taillé des éléments voltaïques musculaires, les a fait communiquer entre eux, tantôt au moyen d'un contact immédiat entre les parties interne et externe des muscles, tantôt par l'entremise d'un tronc nerveux qui, traversant chaque segment, vient s'appliquer soit à la surface intacte, soit à la surface incisée d'un segment voisin. Dans toutes ces piles, *le courant a conservé la même direction;* seulement l'intensité en a toujours été plus faible quand les éléments communiquaient au moyen d'un nerf que dans le cas où ils se touchaient directement. Matteucci en conclut que, dans un courant musculaire, la fonction des nerfs, bien différente de celle qu'on voudrait leur supposer, se réduit à celle d'un conducteur imparfait qui représente l'état électrique de la partie du muscle, intérieur ou surface, de laquelle il est le plus rapproché.

Mais ce dernier corollaire ne saurait être admis sans restriction par le physiologiste; car, assurément, il lui est bien permis de supposer que le système nerveux, tout en ne concourant pas directement à la production de l'électricité dans les muscles, doit néanmoins, en tant que nécessaire à l'accomplissement de tout acte de nutrition, recouvrer son importance. C'est ce dont j'ai pu m'assurer par des expériences directes établissant une étroite connexité entre les conditions qui permettent ou suspendent l'irritabilité des muscles et le développement d'électricité dans leur tissu. Ainsi j'ai reconnu que, malgré la suppression absolue du concours des nerfs moteurs, suppression prolongée au delà de douze semaines, les signes du courant musculaire persistent, et avec eux, l'irritabilité. Mais est-ce à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire pour entretenir ces manifestations? Déjà, sept semaines après la section des nerfs *mixtes*, j'ai vu le tissu

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 77.

(2) LONGET, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec applications à la pathologie.* Paris, 1841.

musculaire se décolorer, perdre peu à peu ses caractères organiques, et, plus tard, sa propriété essentielle, l'irritabilité; alors, aussi, toute trace de courant avait disparu.

L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et encore imparfaitement déterminée du système nerveux.

Quant au *courant propre de la grenouille*, ainsi appelé parce que, jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pu en reconnaître l'existence que dans cet animal, Matteucci a démontré son identité avec le *courant musculaire;* aussi ce que nous avons dit du rôle du système nerveux par rapport à l'un peut-il s'appliquer également à l'autre.

III. On sait que les électro-nervistes ont prétendu que l'électricité pouvait *suppléer la force nerveuse* pour déterminer la contraction des muscles. Mais il me sera facile de faire ressortir, à l'aide d'expériences directes, toute l'inexactitude d'une pareille assertion. En effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité et la force nerveuse étaient identiques, si l'une pouvait suppléer l'autre dans ses effets, il est évident que les mouvements musculaires devraient persister, d'autant mieux que les muscles demeurent encore directement irritables, pendant un laps de temps indéterminé, même sous l'influence des stimulants mécaniques. Il est vrai qu'alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter la fibre musculaire, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles; mais les contractions qu'on observe, dans ce cas, dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile persiste, comme je l'ai démontré, en l'absence de toute force nerveuse motrice, et aussi longtemps que cette fibre conserve ses caractères organiques (1).

Ainsi, le fluide électrique ne peut donc pas remplacer la force nerveuse une fois qu'elle est éteinte dans les cordons nerveux, et il agit seulement comme un excitateur spécial de cette force inconnue tant qu'elle n'est point épuisée.

Quant à l'expérience de Wilson Philip (2) qui aurait fait digérer des aliments dans l'estomac d'un animal dont il avait coupé les nerfs pneumogastriques, en remplaçant leur action par celle d'un courant électrique, elle ne prouve aucunement l'identité de ce dernier avec la force nerveuse; car, après qu'on a coupé un nerf moteur, son bout périphérique conserve encore pendant quelque temps, si l'on vient à l'irriter d'une manière quelconque, la faculté de remplir jusqu'à un certain point son rôle ordinaire. L'expérience de Wilson Philip a été reproduite par Breschet et Milne Edwards (3), par Brachet (4) avec des modifications qui ont

(1) *Mém. cit., sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire.* Paris, 1841.

(2) *On Experim. Inq. into the Laws of the Vit. Funct.*, etc. London, 1818.

(3) *Arch. génér. de méd.*, 1825, t. VII, p. 197.

(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.* Paris, 1837, 2e édit., p. 250.

démontré que, par la simple irritation mécanique des bouts inférieurs de la paire vague, on obtient les mêmes résultats que par l'application de l'électricité. Ces auteurs ont donc attribué les progrès de la chymification observés par le physiologiste anglais et par eux-mêmes au simple entretien de la contraction des fibres musculaires de l'estomac, et non à une action de nature électrique exercée par les nerfs vagues. Nos propres recherches sont venues confirmer en tous points l'explication proposée par ces expérimentateurs.

IV. Si l'identité que les électro-nervistes s'efforcent d'établir entre le principe nerveux et l'électricité était réelle, devrait-on trouver, dans leur mode de propagation, une différence aussi importante que celle qui va être signalée?

Un courant électrique est-il dirigé dans la longueur d'un nerf encore pourvu de son principe actif, les contractions musculaires sont beaucoup plus énergiques que dans le cas d'un courant à peu près transversal, parce qu'ainsi la force nerveuse est excitée plus vivement et dans une étendue plus considérable: si alors le nerf fait partie d'un circuit où se trouve le galvanomètre, sa conductibilité ne change pas, d'après les observations de Person (1), quand on désorganise sa pulpe mécaniquement ou qu'on la lie, comme le prouve l'aiguille aimantée. Le névrilème serait donc un excellent conducteur de l'électricité. Mais l'est-il également du principe nerveux? Si ces deux agents étaient réellement identiques, il devrait en être ainsi, et pourtant il est facile de donner la preuve expérimentale du contraire. En effet, pendant qu'on irrite *mécaniquement* le bout libre d'un nerf et que l'on suscite des contractions, si l'on vient, en ménageant la continuité de son névrilème, à désorganiser sa pulpe, à l'aide d'une contusion ou d'une ligature faite au-dessous du point irrité, immédiatement le principe nerveux est enrayé, et les contractions cessent. Celles-ci manquent également lorsque, au lieu d'employer les irritants mécaniques, on fait passer un courant dans le nerf en appliquant les deux fils conducteurs au-dessus de la ligature ou de la contusion. Mais, si l'extrémité d'un rhéophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse, et aussitôt reparaissent les contractions musculaires: celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion de nerf qui, placée entre le point ligaturé et le point touché par le rhéophore inférieur, est stimulée par le courant dans lequel elle-même est comprise. La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes ne varient point.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence essentielle entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

« Le névrilème est si bon conducteur, dit Person, qu'il est incapable d'isoler les courants les plus faibles qu'on puisse produire dans les expériences galvaniques, de sorte qu'un courant engagé dans un nerf peut passer dans les muscles dès que ceux-ci lui offrent un chemin plus court. » Ce fait détruirait toutes les suppositions de ceux qui regardent les nerfs comme jouissant d'un pouvoir isolant, et qui les comparent à des fils métalliques conducteurs entourés de soie (*). Puisque, suivant

(1) *Mém. cit.*

(*) Croyant répondre à cette objection, il est vrai, comme nous l'avons dit plus haut, que les électro-nervistes ont eu recours à une hypothèse: ils ont supposé que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une *substance grasse isolante*, comprise entre lui et la paroi de son propre tube.

le même auteur, les courants électriques *les plus faibles* sont loin de suivre les ramifications des nerfs, comme fait le principe nerveux, puisqu'ils sautent, au contraire, avec la plus grande facilité sur les parties animales voisines, quand celles-ci leur offrent le chemin le plus court pour se rendre à l'autre pôle, le principe nerveux se comporte donc dans les nerfs tout autrement que l'électricité.

En nous fondant sur l'analyse critique des faits et des assertions qui précèdent, nous croyons devoir conclure :

1° Qu'il n'existe aucune preuve directe et certaine en faveur de l'hypothèse de courants électriques circulant dans le système nerveux normal ou à l'*état d'intégrité*.

2° Que l'*identité* de l'agent nerveux et du fluide électrique reste encore à démontrer.

Mais, est-ce à dire qu'ils soient totalement différents et qu'ils n'offrent pas la moindre analogie.

Sans vouloir nous prononcer d'une manière trop absolue dans cette question, il nous sera pourtant permis d'avancer que les arguments à l'aide desquels on a essayé d'établir une *analogie* prochaine entre ces deux agents ne nous paraissent pas avoir toute la valeur qu'on leur suppose.

La rapidité de transmission serait, dit-on, la même pour les phénomènes nerveux et les phénomènes électriques; — les causes de leur manifestation offriraient de la ressemblance, car les frictions, les combinaisons chimiques, le contact de matières hétérogènes, la chaleur, etc., pourraient mettre en jeu également l'électricité et la force nerveuse; — plusieurs phénomènes analogues seraient produits sous l'influence de l'un et de l'autre agent, comme l'élévation de température, la décomposition de certains produits, la recomposition de quelques autres.

Puis, invoquant le mode d'action de l'électricité sur le système nerveux, on a coutume de rappeler — que le courant électrique est, entre tous les modificateurs de ce système, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul capable de la rendre encore manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle; — qu'agissant sur un nerf mixte, seul il peut exciter séparément, tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt; — que seul encore il possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité; — qu'enfin si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation, ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A. — La *vitesse de propagation de l'agent nerveux*, qu'on a assimilée si souvent à celle du fluide électrique, paraît, d'après les travaux les plus récents, en différer considérablement. C'est à Helmholtz (1) que sont dues les expériences les plus remarquables sur ce sujet délicat.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXX, p. 204, et t. XXXIII, p. 262. — Et MÜLLER'S *Archiv*, 1850 et 1852.

La disposition et les détails de ces expériences étant du domaine de la physique pure, nous ne pourrons donner ici que les conclusions de l'auteur. Qu'il nous suffise de rappeler que Helmholtz est arrivé à des résultats concordants en faisant usage de deux méthodes distinctes : l'une, calquée sur le *procédé électro-magnétique* employé par Pouillet pour la mesure des petites fractions de temps, et l'autre, sur l'application du *cylindre tournant* de Thomas Young.

Voici comment Helmholtz résume lui-même ce qu'il a observé sur la vitesse de transmission de l'agent nerveux :

« 1° Quand une décharge électrique instantanée a traversé un muscle de la vie animale, ou bien le nerf qui s'y ramifie, il se passe d'abord un temps pendant lequel aucun effet appréciable n'est produit. Ce temps écoulé, la tension du muscle s'accroît par degrés, atteint un maximum, et décline enfin pour revenir à son point de départ, correspondant à l'état de repos du muscle.

» Dans les grenouilles, continue l'auteur, j'ai trouvé 0",01 pour la durée du temps qui subsiste entre l'irritation et la première manifestation des effets mécaniques du muscle. De là jusqu'au maximum, il y a 0",08 ; enfin le déclin de la tension du muscle jusqu'à son relâchement complet dure de 0",3 à une seconde entière. On voit donc que la différence qu'on a cru devoir admettre entre le mode d'action des muscles de la vie animale et de ceux de la vie organique, est illusoire. Les premiers, comme les derniers, n'agissent qu'un certain temps après le commencement de l'irritation, et, dans les deux espèces de muscles, la durée des effets de l'irritation dépasse de beaucoup celle de l'irritation elle-même. Mais, dans les muscles de la vie organique, les trois périodes de la contraction, celle qu'on peut appeler du *temps perdu*, celle de l'accroissement et celle du déclin de tension, se comptent par secondes entières, si ce n'est par minutes, tandis que, dans les muscles de la vie animale, les mêmes périodes se comptent par centièmes de seconde.

» 2° En faisant agir sur différents points d'un nerf moteur un courant électrique suffisamment énergique, on parvient à produire des contractions tout à fait identiques quant à la grandeur de leur *maximum*, ainsi qu'à la durée de leurs deux dernières périodes. Mais, chose remarquable, la première période, celle du *temps perdu*, se trouve augmentée, par rapport à ce qu'elle était lors de l'irritation directe du muscle lui-même, d'une fraction de temps minime, à la vérité, mais pourtant bien appréciable à mes appareils ; et cette fraction est d'autant plus grande que le point du nerf qu'on a irrité est plus distant de l'insertion au muscle. »

Helmholtz démontre que cette augmentation du temps perdu entre l'irritation et l'effet mécanique produit ne peut être rapportée uniquement qu'au plus grand trajet que l'agent nerveux est censé alors parcourir dans le nerf. Cette augmentation fournit donc un moyen de mesurer la vitesse de propagation de l'agent nerveux. Cette vitesse, en général, n'est que très modique, et certainement fort inférieure à ce que l'on avait toujours imaginé jusqu'ici. — D'après les mesures d'Helmholtz, « dans les nerfs de la grenouille, *elle ne dépasse pas* 26 *mètres par seconde* ».

Helmholtz a également trouvé que cette vitesse de propagation est considérablement influencée par la température ambiante : c'est ainsi que, chez la grenouille, la vitesse, dans un nerf refroidi à 0°, n'est plus que la dixième partie de ce qu'elle est à 15° ou 20°.

Les importants résultats déjà obtenus par Helmholtz font désirer que de nou-

velles expériences soient tentées sur d'autres nerfs, et aussi sur d'autres animaux.

Nul doute qu'on n'arrive à trouver des vitesses de propagation variables, dans certaines limites, suivant les espèces animales et même suivant les individus. — On a calculé, par exemple, que certains insectes peuvent étendre et fléchir leurs ailes huit mille fois par seconde, ce qui, en admettant 2 lignes de distance entre les muscles et les centres ganglionnaires, donne une vitesse d'environ 111 pieds par seconde. Un habile pianiste pouvait étendre et fléchir le doigt indicateur trois cent vingt fois par minute, d'où, en évaluant à 2 pieds et demi la distance entre le cerveau et le bout du doigt, on n'aurait plus qu'une vitesse de transmission de 10 pieds par seconde, etc.

Est-il besoin de rappeler que les recherches de Wheatstone sur la vitesse de propagation de la décharge d'une bouteille de Leyde *à travers un fil de laiton* démontrent que, sur un pareil conducteur, l'électricité se meut avec une rapidité de 115 000 lieues par seconde, c'est-à-dire avec une vitesse plus grande encore que celle de la lumière, qui est d'environ 70 000 lieues par seconde?

B. — Comment a-t-on cru pouvoir établir une analogie entre les agents nerveux et électrique, en avançant que, sous l'influence de l'un ou de l'autre, se produisait de la chaleur? Sans doute on a entendu parler de l'élévation de température obtenue dans les fils conjonctifs par le passage d'un courant, et opposer ce phénomène à celui de la chaleur animale qu'on supposerait développée directement par la force nerveuse? Mais de nombreuses expériences démontrent que le système nerveux ne saurait être regardé comme la source immédiate de la chaleur développée par les animaux; qu'au contraire, ce système ne concourt à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrice et circulatoire qu'il accélère, retarde ou suspend, suivant les troubles divers qu'il subit lui-même.

C. — Pour ce qui concerne la décomposition et la recomposition de certains produits qu'on supposerait pouvoir s'opérer par l'action immédiate du principe nerveux, comme par celle de l'électricité, il est permis jusqu'à présent de ne voir là qu'une hypothèse. Car, pour la plupart des physiologistes, le rôle du système nerveux dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie, se borne à déterminer la contraction ou le relâchement des vaisseaux sanguins : suivant cette opinion, il n'y aurait donc pas, dans ces actes organiques, intervention immédiate du système nerveux, qui n'agirait que comme régulateur du cours du sang, et il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes.

D. — Nul doute, comme on l'a vu, que l'électricité n'exerce sur le système nerveux une influence qui, sous plusieurs rapports, diffère de celle des autres stimulants. Mais ici la différence dans le mode d'action nous semble tenir essentiellement à ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et surtout à ce qu'il agit sans désorganiser la fibre nerveuse, privilége que ne possèdent ni les irritants chimiques ni les irritants mécaniques; car, en définitive, comme ces autres modificateurs, il ne fait jamais que provoquer, pour ainsi dire, un réveil de la force nerveuse existante, une excitation de la fonction à laquelle préside le nerf soumis à son influence. Appliqué à tels nerfs, il occasionne des contractions musculaires, à tels autres, une sensation lumineuse ou auditive, et la spécialité du

conducteur nerveux détermine et commande la spécialité des effets produits; comme aussi, dans la matière morte, on voit l'électricité varier ses effets avec les conducteurs inorganiques sur lesquels on la dirige, et produire, ici une simple élévation de température, là une décomposition. — Pour traduire ce qui précède par une comparaison, nous répéterons, avec Gavarret (1), que « le système nerveux, dans ses rapports avec l'électricité, ne joue que le rôle d'un galvanomètre de forme et de nature particulières, traduisant la présence et l'intensité d'un courant par sa manière spéciale de répondre aux excitations extérieures. L'aiguille aimantée par sa déviation, le fil de platine par son échauffement, les dissolutions salines par leur décomposition, ont servi à découvrir l'existence de l'électricité dynamique partout où elle existait; un filet nerveux avec sa masse musculaire (*patte galvanoscopique*) peut les remplacer, et nous traduire, par une *contraction*, la présence de l'agent électrique. »

Mais revenons à quelques-unes des particularités relatives au mode d'action du courant électrique sur les nerfs, et cherchons à nous en rendre compte : on verra qu'elles ne sauraient servir à établir une analogie, pas plus entre l'électricité et le principe nerveux qu'entre celui-ci et les stimulants ordinaires.

Appliqué à un nerf mixte, le courant électrique, disions-nous, seul peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction. Supposons que le courant électrique détermine, dans son sens, un changement moléculaire dans le nerf qu'il parcourt longitudinalement, et de plus des mouvements ondulatoires d'un fluide nerveux se propageant suivant la même direction : si, comme le courant, ces ondulations se propagent des extrémités vers l'encéphale, il y aura sensation; si elles marchent de celui-ci vers les extrémités, il y aura contraction. Il est évident qu'un pareil résultat s'explique par la possibilité de changer à volonté la direction de l'excitant, et que, si cette possibilité existait pour les autres stimulants, les mêmes phénomènes devraient s'observer avec eux.

Nous disions encore que le courant électrique seul possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité Assurément il est permis de supposer que le refoulement des molécules nerveuses, toujours dans la même direction, peut finir par modifier assez l'état matériel du nerf pour le rendre impropre à ses fonctions; tandis qu'un courant en sens inverse du premier tend à rétablir les parties dans leur disposition primitive. Ici la différence entre le mode d'action de l'électricité et celui des irritants ordinaires dépend à la fois de ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et de ce qu'il peut agir sur les nerfs sans les désorganiser.

Enfin nous avons rappelé que, si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu. Mais il importe d'abord de savoir que, dans les premiers moments de l'expérience, la douleur et les mouvements éclatent lors de l'établissement et de la rupture du circuit, quel que soit d'ailleurs le sens du courant, ce qui prouve que le nerf étant parfaitement intact, ses molécules ou l'éther interposé se déplacent d'abord dans toutes les directions

(1) *Lois générales sur l'électricité dynamique, etc.* Paris, 1843.

sous l'influence de l'électricité comme sous l'influence d'un stimulant quelconque. Il n'en est plus de même quand le courant devient continu, parce que les mouvements ondulatoires du fluide supposé sont limités entre les deux pôles, tandis que l'interruption brusque du circuit leur permet de nouveau de se propager, soit vers l'encéphale, pour produire une sensation, soit vers les extrémités, pour déterminer une contraction musculaire.

Du Bois-Reymond (1), en appliquant aux nerfs les méthodes très délicates qu'il a employées pour l'étude des lois du *courant musculaire*, a mis hors de doute l'existence du pouvoir électro-moteur du tissu nerveux.

Le galvanomètre dont il fait usage est doué d'une sensibilité exquise : son cadre supporte vingt-quatre mille tours d'un fil de cuivre d'un dixième de millimètre de section. — Des précautions minutieuses, fondées sur l'étude approfondie des phénomènes physiques relatifs aux courants voltaïques, mettent l'observateur à l'abri de toutes les causes d'erreur naissant de l'hétérogénéité du circuit et du contact entre les tissus organisés et les lames métalliques.

Le courant électrique du nerf s'établit dans un conducteur métallique homogène (de la même façon que pour un faisceau de fibres musculaires), quand on vient, par l'intermédiaire de coussinets de papier imbibé d'une solution de sel marin, à mettre en rapport les deux lames de platine qui terminent le fil galvanométrique, l'une avec la *surface de section* du nerf, et l'autre avec la *surface naturelle*. La direction du courant, dans ce fil, a lieu de la surface naturelle vers la surface de section du nerf. Il résulte de là que l'on ne peut percevoir aucune manifestation électrique, si l'on applique les deux extrémités du fil seulement à la surface d'un *nerf intact*.

D'après quelques expériences, peu précises, il est vrai, Matteucci (2) estime que le pouvoir électro-moteur d'un nerf est au moins huit ou dix fois plus faible que celui d'un faisceau musculaire.

Suivant Du Bois-Reymond, la force électro-motrice ne diffère pas dans les nerfs mixtes et dans les racines antérieures ou postérieures de la moelle épinière. Cette propriété a été constatée par le même observateur dans le nerf optique et dans la moelle épinière de la grenouille, dans des cordons nerveux pris sur l'homme, sur des lapins, sur des oiseaux et sur différents poissons. Matteucci (3), en comparant le courant nerveux du lapin à celui de la grenouille, a trouvé que le pouvoir électro-moteur de ce dernier animal est supérieur à celui du premier.

Ces faits, dont l'exactitude est incontestable, démontrent-ils la circulation de courants dans les nerfs à l'état physiologique ? C'est ce dont il est permis de douter encore. On peut admettre que, comme dans les muscles, la manifestation électrique que l'on constate dans les précédentes expériences tient au travail nutritif qui s'accomplit dans le tissu nerveux sous l'influence de sa vitalité persistante. Ce serait alors une constitution à deux états électriques différents de l'enveloppe et du contenu des fibres élémentaires, à la suite d'une réaction chimique différente de

(1) *Untersuchungen über thierische Elektricität*. Berlin, 1848-49.
(2) *Cours d'électro-physiologie*. Paris, 1858.
(3) *Ouvr. cit.*

par une action encore inconnue, *dans ces appareils eux-mêmes*, sous l'influence immédiate du système nerveux, mais que ce dernier n'engendre et ne conduit aucun courant électrique. Ici l'influence du système nerveux sur ces organes semble être du même ordre que celle qu'il exerce sur la contraction musculaire ; seulement il est tout aussi impossible de dire aujourd'hui quel mystérieux rapport unit la production de l'électricité à l'influx nerveux, que de saisir la relation singulière qui existe entre celui-ci et la contraction instantanée d'un muscle.

Galvani et Spallanzani avaient observé qu'en coupant les nerfs de l'un des organes, la décharge cesse de ce côté, tandis qu'elle continue du côté opposé ; mais Matteucci (1) a reconnu que, pour empêcher la décharge, il n'était pas nécessaire de couper les nerfs, qu'il suffisait de les lier (*) : or chacun sait qu'une simple ligature ne peut arrêter que l'influx nerveux, et ne saurait apporter, en pareil cas, aucun obstacle à la propagation de l'électricité, si réellement elle partait de l'encéphale pour parcourir les nerfs, et se manifester au dehors à la surface des organes électriques. Rappelons encore qu'à l'aide du galvanomètre, Matteucci (2) n'a jamais pu obtenir des signes distincts de courant dérivé, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à ces derniers organes.

II. Il est d'autres manifestations électriques qui pourraient paraître d'autant plus favorables à l'opinion que j'examine, qu'elles ne sont plus propres à telle ou telle espèce animale, ne nécessitent plus la présence d'un appareil spécial, mais qu'on les observe chez tous les animaux : je veux parler d'abord du *courant électrique musculaire*, duquel Matteucci (3) a récemment démontré l'identité *avec le courant propre de la grenouille*. Cependant, comme j'essayerai de le prouver tout à l'heure, ces faits ne sauraient encore profiter aux électro-nervistes.

Sur un animal vertébré quelconque, vivant ou récemment tué, après avoir mis à nu un muscle et l'avoir incisé, si l'on applique les deux extrémités du fil d'un galvanomètre, l'une à sa partie incisée et profonde, l'autre à la partie intacte et superficielle du même muscle, la déviation de l'aiguille révèle constamment, d'après les observations de Matteucci (4), l'existence d'un courant électrique. Mais, pour obtenir des effets plus sensibles et pouvoir rigoureusement déterminer la direction du courant, ce physicien a indiqué un mode d'expérimentation fort ingénieux. On coupe, sur un animal, des tranches de muscles, de façon que chacune d'elles présente une surface intacte, et l'on dispose, sur un appareil isolant ces masses charnues les unes à la suite des autres, sous forme de pile, en prenant

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 168.

(*) Les expériences de cet auteur, sur l'encéphale de la torpille, sont des plus curieuses. « Les premiers lobes cérébraux, dit-il (*Ann. des sc. nat.*, Zool., 2e série, t. VIII, p. 210), peuvent être irrités, coupés, détruits tout à fait, sans que la décharge cesse d'avoir lieu. Les lobes qui suivent les premiers donnent lieu, lorsqu'on les touche ou qu'on les blesse, à de fortes contractions musculaires, et quelquefois même, si l'animal est très vivant, à des décharges électriques ; pourtant on peut les couper sans que cela arrête la décharge. Le troisième lobe peut être irrité, blessé, enlevé tout à fait, sans contraction, et sans que la décharge électrique cesse encore. Le dernier lobe du cerveau (*lobe électrique*), que je regarde comme un renflement de la moelle allongée, de laquelle partent les nerfs qui vont à l'organe, est la seule partie du cerveau qu'on ne puisse toucher sans avoir de très fortes décharges électriques. Celle-là détruite, toute décharge devient impossible, quand même on laisserait le reste du cerveau intact. »

(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1844, p. 150.

(3) *Leçons sur les phénom. phys. des corps vivants.* Paris, 1847, p. 211, édit. franç.

(4) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 51.

le soin que toujours une surface musculaire intacte soit en rapport immédiat avec l'intérieur de la masse musculaire incisée; puis, les deux extrémités de cette pile, intérieur et surface, plongeant dans des capsules d'eau où se trouvent les extrémités du fil d'un galvanomètre, on voit bientôt l'aiguille se dévier de manière à accuser un courant constamment dirigé de l'intérieur à la surface du muscle, courant dont l'intensité, toutes choses égales d'ailleurs, est en rapport avec le nombre des éléments.

L'expérience se dispose surtout très promptement, si l'on fait usage d'une pile musculaire construite avec des demi-cuisses de grenouilles, et si, au lieu de galvanomètre, on veut se servir, comme je l'ai fait bien souvent, de la *patte* dite *galvanoscopique* (*); seulement, dans ce cas, pour conclure la direction du courant dans la pile, il importe de bien se rappeler certaines lois de l'influence du courant électrique sur le système nerveux (1).

Il est facile de pressentir combien doit être grande l'énergie des actions chimiques qui accompagnent particulièrement la nutrition des muscles : or, si dans toute action chimique il y a production d'électricité, l'origine de ce fluide, dans le cas particulier dont il s'agit, peut donc être attribuée au travail nutritif même des muscles, dont le tissu est le siége de réactions entre les éléments du sang et l'oxygène absorbé dans les voies aériennes. Mais, de ce que les expériences démontrent l'existence d'un courant électrique dans le tissu musculaire, s'ensuit-il qu'en l'absence des conditions toutes spéciales que fait naître l'expérimentateur lui-même, un semblable courant doive se rencontrer dans les animaux auxquels on n'a fait subir aucune mutilation? Tout porte à croire, au contraire, que la production d'électricité dans les muscles est analogue à celle qui résulte du contact du zinc seul avec un liquide acide, cas dans lequel les fluides, un instant séparés, se recomposent dans le lieu même de leur séparation, et qu'ainsi, dans l'état normal du muscle, il ne peut y avoir que des courants moléculaires produits par la formation et la destruction, dans les mêmes points, d'états électriques contraires. Pour qu'un courant se développe, pour que la circulation des fluides isolés devienne évidente, il faut que la communication, par un bon conducteur, soit établie entre un grand nombre de points de la masse musculaire et d'autres de nature différente qui ne subissent pas la même action chimique de la part du sang. Or, ces conditions se trouvent remplies dans les expériences que nous avons précédemment exposées : en effet, la texture peu vasculaire du tissu qui enveloppe les muscles ou les termine tend à faire admettre que les phénomènes de nutrition sont moins actifs dans ce tissu que dans la fibre musculaire elle-même, que ces deux parties ne sont pas le siége de la même action chimique, et que, par conséquent, dans chaque élément d'une pile musculaire, elles se constituent dans deux états électriques différents; de plus, comme on jette entre elles un corps suffisamment conducteur, les fluides séparés se combinent en suivant cette voie, et dès lors un courant électrique peut réellement se développer.

Maintenant, pour revenir au problème qui nous occupe, celui de l'identité du fluide électrique et de la force nerveuse, il importe qu'on sache bien que la pré-

(*) Ce petit appareil, très commode et très sensible, qui permet d'étudier le courant musculaire dans bien des circonstances où le galvanomètre cesse d'être applicable, n'est autre chose qu'une jambe de grenouille fraîchement écorchée, désarticulée avec beaucoup de soin à son union avec la cuisse, de manière à y laisser adhérent le nerf sciatique bien intact.

(1) Voy. plus haut, p. 233.

cédente manifestation électrique, qui est due au travail nutritif des muscles, n'est nullement sous la dépendance *immédiate* du système nerveux, et que la prétendue circulation de l'électricité, dans les nerfs musculaires des animaux vivants, est loin de trouver là un argument en sa faveur. Des piles construites avec des *demi-cuisses* de grenouilles, auxquelles, par une dissection attentive, on a enlevé leurs rameaux nerveux, présentent une énergie tout aussi grande que d'autres formées de ces mêmes parties encore pourvues de leurs nerfs. Bien plus, qu'on suppose deux piles musculaires, l'une formée de demi-cuisses de grenouilles intactes avant l'expérience, l'autre d'un même nombre de ces segments pris sur des grenouilles privées depuis plusieurs jours de leur moelle lombaire, et l'on constate, selon Matteucci (1), que le courant le plus intense se rencontre dans la pile dont les muscles sont plus gorgés de sang, c'est-à-dire ceux des grenouilles dont la moelle est détruite.

Ayant démontré qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (2), et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus, j'ai voulu savoir si, dans les muscles traversés par ces ramuscules devenus inertes, l'intensité du courant musculaire était moindre que dans les muscles correspondants du côté sain; mais je n'ai pu constater aucune différence appréciable.

Quoique le système nerveux n'ait, par conséquent, aucune action directe et immédiate sur la production du courant musculaire, il y a néanmoins de l'intérêt à connaître le rôle qu'il peut remplir dans la propagation de ce dernier. Sur des animaux vivants, Matteucci, ayant taillé des éléments voltaïques musculaires, les a fait communiquer entre eux, tantôt au moyen d'un contact immédiat entre les parties interne et externe des muscles, tantôt par l'entremise d'un tronc nerveux qui, traversant chaque segment, vient s'appliquer soit à la surface intacte, soit à la surface incisée d'un segment voisin. Dans toutes ces piles, *le courant a conservé la même direction;* seulement l'intensité en a toujours été plus faible quand les éléments communiquaient au moyen d'un nerf que dans le cas où ils se touchaient directement. Matteucci en conclut que, dans un courant musculaire, la fonction des nerfs, bien différente de celle qu'on voudrait leur supposer, se réduit à celle d'un conducteur imparfait qui représente l'état électrique de la partie du muscle, intérieur ou surface, de laquelle il est le plus rapproché.

Mais ce dernier corollaire ne saurait être admis sans restriction par le physiologiste; car, assurément, il lui est bien permis de supposer que le système nerveux, tout en ne concourant pas directement à la production de l'électricité dans les muscles, doit néanmoins, en tant que nécessaire à l'accomplissement de tout acte de nutrition, recouvrer son importance. C'est ce dont j'ai pu m'assurer par des expériences directes établissant une étroite connexité entre les conditions qui permettent ou suspendent l'irritabilité des muscles et le développement d'électricité dans leur tissu. Ainsi j'ai reconnu que, malgré la suppression absolue du concours des nerfs moteurs, suppression prolongée au delà de douze semaines, les signes du courant musculaire persistent, et avec eux, l'irritabilité. Mais est-ce à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire pour entretenir ces manifestations? Déjà, sept semaines après la section des nerfs *mixtes*, j'ai vu le tissu

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 77.

(2) LONGET, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec applications à la pathologie.* Paris, 1841.

musculaire se décolorer, perdre peu à peu ses caractères organiques, et, plus tard, sa propriété essentielle, l'irritabilité; alors, aussi, toute trace de courant avait disparu.

L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et encore imparfaitement déterminée du système nerveux.

Quant au *courant propre de la grenouille*, ainsi appelé parce que, jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pu en reconnaître l'existence que dans cet animal, Matteucci a démontré son identité avec le *courant musculaire;* aussi ce que nous avons dit du rôle du système nerveux par rapport à l'un peut-il s'appliquer également à l'autre.

III. On sait que les électro-nervistes ont prétendu que l'électricité pouvait *suppléer la force nerveuse* pour déterminer la contraction des muscles. Mais il me sera facile de faire ressortir, à l'aide d'expériences directes, toute l'inexactitude d'une pareille assertion. En effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité et la force nerveuse étaient identiques, si l'une pouvait suppléer l'autre dans ses effets, il est évident que les mouvements musculaires devraient persister, d'autant mieux que les muscles demeurent encore directement irritables, pendant un laps de temps indéterminé, même sous l'influence des stimulants mécaniques. Il est vrai qu'alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter la fibre musculaire, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles; mais les contractions qu'on observe, dans ce cas, dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile persiste, comme je l'ai démontré, en l'absence de toute force nerveuse motrice, et aussi longtemps que cette fibre conserve ses caractères organiques (1).

Ainsi, le fluide électrique ne peut donc pas remplacer la force nerveuse une fois qu'elle est éteinte dans les cordons nerveux, et il agit seulement comme un excitateur spécial de cette force inconnue tant qu'elle n'est point épuisée.

Quant à l'expérience de Wilson Philip (2) qui aurait fait digérer des aliments dans l'estomac d'un animal dont il avait coupé les nerfs pneumogastriques, en remplaçant leur action par celle d'un courant électrique, elle ne prouve aucunement l'identité de ce dernier avec la force nerveuse; car, après qu'on a coupé un nerf moteur, son bout périphérique conserve encore pendant quelque temps, si l'on vient à l'irriter d'une manière quelconque, la faculté de remplir jusqu'à un certain point son rôle ordinaire. L'expérience de Wilson Philip a été reproduite par Breschet et Milne Edwards (3), par Brachet (4) avec des modifications qui ont

(1) *Mém. cit., sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire.* Paris, 1841.

(2) *On Experim. Inq. into the Laws of the Vit. Funct.*, etc. London, 1818.

(3) *Arch. génér. de méd.*, 1825, t. VII, p. 197.

(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. ganglionnaire.* Paris, 1837, 2e édit., p. 250.

démontré que, par la simple irritation mécanique des bouts inférieurs de la paire vague, on obtient les mêmes résultats que par l'application de l'électricité. Ces auteurs ont donc attribué les progrès de la chymification observés par le physiologiste anglais et par eux-mêmes au simple entretien de la contraction des fibres musculaires de l'estomac, et non à une action de nature électrique exercée par les nerfs vagues. Nos propres recherches sont venues confirmer en tous points l'explication proposée par ces expérimentateurs.

IV. Si l'identité que les électro-nervistes s'efforcent d'établir entre le principe nerveux et l'électricité était réelle, devrait-on trouver, dans leur mode de propagation, une différence aussi importante que celle qui va être signalée?

Un courant électrique est-il dirigé dans la longueur d'un nerf encore pourvu de son principe actif, les contractions musculaires sont beaucoup plus énergiques que dans le cas d'un courant à peu près transversal, parce qu'ainsi la force nerveuse est excitée plus vivement et dans une étendue plus considérable: si alors le nerf fait partie d'un circuit où se trouve le galvanomètre, sa conductibilité ne change pas, d'après les observations de Person (1), quand on désorganise sa pulpe mécaniquement ou qu'on la lie, comme le prouve l'aiguille aimantée. Le névrilème serait donc un excellent conducteur de l'électricité. Mais l'est-il également du principe nerveux? Si ces deux agents étaient réellement identiques, il devrait en être ainsi, et pourtant il est facile de donner la preuve expérimentale du contraire. En effet, pendant qu'on irrite *méconiquement* le bout libre d'un nerf et que l'on suscite des contractions, si l'on vient, en ménageant la continuité de son névrilème, à désorganiser sa pulpe, à l'aide d'une contusion ou d'une ligature faite au-dessous du point irrité, immédiatement le principe nerveux est enrayé, et les contractions cessent. Celles-ci manquent également lorsque, au lieu d'employer les irritants mécaniques, on fait passer un courant dans le nerf en appliquant les deux fils conducteurs au-dessus de la ligature ou de la contusion. Mais, si l'extrémité d'un rhéophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse, et aussitôt reparaissent les contractions musculaires: celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion de nerf qui, placée entre le point ligaturé et le point touché par le rhéophore inférieur, est stimulée par le courant dans lequel elle-même est comprise. La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes ne varient point.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence essentielle entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

« Le névrilème est si bon conducteur, dit Person, qu'il est incapable d'isoler les courants les plus faibles qu'on puisse produire dans les expériences galvaniques, de sorte qu'un courant engagé dans un nerf peut passer dans les muscles dès que ceux-ci lui offrent un chemin plus court. » Ce fait détruirait toutes les suppositions de ceux qui regardent les nerfs comme jouissant d'un pouvoir isolant, et qui les comparent à des fils métalliques conducteurs entourés de soie (*). Puisque, suivant

(1) *Mém. cit.*

(*) Croyant répondre à cette objection, il est vrai, comme nous l'avons dit plus haut, que les électro-nervistes ont eu recours à une hypothèse: ils ont supposé que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une *substance grasse isolante*, comprise entre lui et la paroi de son propre tube.

le même auteur, les courants électriques *les plus faibles* sont loin de suivre les ramifications des nerfs, comme fait le principe nerveux, puisqu'ils sautent, au contraire, avec la plus grande facilité sur les parties animales voisines, quand celles-ci leur offrent le chemin le plus court pour se rendre à l'autre pôle, le principe nerveux se comporte donc dans les nerfs tout autrement que l'électricité.

En nous fondant sur l'analyse critique des faits et des assertions qui précèdent, nous croyons devoir conclure :

1° Qu'il n'existe aucune preuve directe et certaine en faveur de l'hypothèse de courants électriques circulant dans le système nerveux normal ou à l'*état d'intégrité*.

2° Que l'*identité* de l'agent nerveux et du fluide électrique reste encore à démontrer.

Mais, est-ce à dire qu'ils soient totalement différents et qu'ils n'offrent pas la moindre analogie.

Sans vouloir nous prononcer d'une manière trop absolue dans cette question, il nous sera pourtant permis d'avancer que les arguments à l'aide desquels on a essayé d'établir une *analogie* prochaine entre ces deux agents ne nous paraissent pas avoir toute la valeur qu'on leur suppose.

La rapidité de transmission serait, dit-on, la même pour les phénomènes nerveux et les phénomènes électriques ; — les causes de leur manifestation offriraient de la ressemblance, car les frictions, les combinaisons chimiques, le contact de matières hétérogènes, la chaleur, etc., pourraient mettre en jeu également l'électricité et la force nerveuse ; — plusieurs phénomènes analogues seraient produits sous l'influence de l'un et de l'autre agent, comme l'élévation de température, la décomposition de certains produits, la recomposition de quelques autres.

Puis, invoquant le mode d'action de l'électricité sur le système nerveux, on a coutume de rappeler — que le courant électrique est, entre tous les modificateurs de ce système, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul capable de la rendre encore manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle ; — qu'agissant sur un nerf mixte, seul il peut exciter séparément, tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt ; — que seul encore il possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité ; — qu'enfin si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation, ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A. — La *vitesse de propagation de l'agent nerveux*, qu'on a assimilée si souvent à celle du fluide électrique, paraît, d'après les travaux les plus récents, en différer considérablement. C'est à Helmholtz (1) que sont dues les expériences les plus remarquables sur ce sujet délicat.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXX, p. 204, et t. XXXIII, p. 262. — Et MÜLLER'S *Archiv*, 1850 et 1852.

vite après la mort que la propriété électro-tonique. Valentin et Schiff (1) ont noté que le résultat est souvent inverse chez les mammifères.

La variation négative se montre d'une manière d'autant moins prononcée que l'animal sur lequel on a pris le nerf est plus faible et moins excitable.

Ajoutons que Du Bois-Reymond a constaté l'existence de la variation négative, chez les grenouilles empoisonnées par la strychnine, pendant la période tétanique ; que cette propriété existe aussi bien dans les fibres motrices que dans les fibres sensitives ; que son effet se fait sentir avec la même facilité dans la direction centripète que dans la direction centrifuge.

On observe parfois que le nerf, après avoir été soumis à une forte irritation mécanique ou chimique (et dans certains cas même spontanément), offre un courant dont le sens est inverse de celui que nous avons assigné au courant nerveux normal.

Du Bois-Reymond a noté que les nerfs qui présentent cette propriété n'en ont pas moins la faculté d'agir sur les muscles ; qu'ils manifestent la variation négative et l'état électro-tonique. De plus, ces deux modifications du courant n'avaient pas changé de sens avec le courant primitif, et elles conservaient au contraire leur direction absolue comme dans les nerfs doués des propriétés ordinaires. Alors, dans l'état électro-tonique, la phase positive était négative relativement au courant existant réellement dans le nerf, et la phase négative était réciproquement positive. La variation négative augmentait l'intensité du courant existant avant l'irritation. L'existence de tous ces phénomènes anormaux et singuliers a été confirmée par les observations ultérieures de Valentin et Schiff.

Quant au rôle physiologique du courant nerveux, Du Bois-Reymond a repris, mais en se fondant sur ses propres découvertes, l'opinion des électro-nervistes, et il regarde la tension électrique dans le nerf comme l'origine essentielle de ses fonctions et de ses propriétés physiologiques. Pour ce physicien, l'excitabilité du nerf dérive du courant nerveux normal dont la variation négative représente une diminution d'intensité correspondant à la période d'activité.

Mais cette manière de voir est niée par Valentin et Schiff qui, s'appuyant sur des expériences minutieuses et d'un ordre plus physiologique que celles du professeur de Berlin, prouvent que le courant primitif ne dépend pas de l'élément essentiel du nerf, mais du névrilème et des gaînes.

Ils refusent de voir, dans l'état électro-tonique et dans la variation négative, des altérations du courant nerveux primitif : ce sont, à leurs yeux, des effets résultant de la production de courants nouveaux qui viennent s'ajouter à celui-ci au moment de l'irritation.

D'après Schiff et Valentin, pendant cette irritation, le courant inverse au courant nerveux normal ne paraît pas avoir son siége dans le même élément histologique que ce dernier.

Nous résumerons en quelques propositions les résultats importants de leurs recherches :

L'affaiblissement ou la disparition plus ou moins rapide du courant primitif, après la mort, n'est pas concomitant de l'extinction de la force nerveuse, mais provient d'une altération des gaînes des nerfs produite par la cessation de la circulation.

Les phénomènes du courant inverse et l'influence de l'irritation des nerfs qui

(1) *Ouvr. cit.*

offrent ce courant, démontrent déjà suivant Schiff, qu'il existe une certaine indépendance entre le courant primitif et le courant du nerf irrité : ce dernier ne serait donc pas une simple modification du premier.

Un nerf, qui coupé depuis quelques jours sur l'animal vivant, n'était plus excitable, manifestait énergiquement le courant primitif aussitôt qu'il était excité et soumis à l'examen galvanométrique. Au bout de quelque temps, l'intensité de ce courant subissait toutes les modifications que l'on observe sur les nerfs d'animaux n'ayant été soumis à aucune opération préalable.

Un nerf reséqué depuis plusieurs semaines, et ne possédant même plus de moelle nerveuse, donnait encore le courant primitif.

Le courant primitif se manifestait encore, aux premiers moments de l'expérience, sur le nerf non reséqué d'un animal vivant, et écrasé par un coup de marteau. Ce courant était souvent, il est vrai, plus faible que dans le nerf normal du côté opposé, mais son intensité était toujours comprise dans les limites de celle du courant nerveux, et, ce qui est essentiel, il avait conservé la direction normale.

Or le courant, qui existe si les nerfs sont altérés par la paralysie ou par l'écrasement, ne peut être attribué qu'au névrilème et aux gaînes de ces nerfs. Comme les éléments sont détruits moins complétement par la paralysie que par l'écrasement, le courant persistant est moins affaibli par la première de ces conditions que par la seconde.

Comme argument en faveur de l'indépendance existant entre le courant primitif et de l'état électro-tonique ou la variation négative, Schiff fait observer que ces deux effets ne se produisent pas dans un nerf paralysé, même immédiatement après la séparation du corps vivant.

Valentin et Schiff concluent de cet ensemble de faits que :

1° Le courant nerveux primitif d'un nerf n'est pas la condition de ses propriétés physiologiques ;

2° Que ce phénomène est indépendant de ce que Du Bois-Reymond a désigné sous le nom d'état électro-tonique et de variation négative ;

3° Que l'état électro-tonique et la variation négative ne supposent même pas l'existence du courant nerveux normal ;

4° Que la variation négative n'est pas une modification du courant primitif, mais qu'elle résulte de l'influence d'un autre courant naissant au moment de l'irritation, courant dont le sens, d'ailleurs invariable, est ordinairement opposé à celui du courant normal ;

5° Que la variation négative paraît appartenir exclusivement à la moelle nerveuse, puisqu'elle manque toujoursi la moelle est profondément altérée, et puisqu'elle existe après la mort jusqu'au moment où commence dans la moelle, l'altération visible au microscope ;

6° Qu'une altération de la moelle nerveuse, qui suffit déjà pour empêcher la production d'une contraction musculaire, ne suffit pas encore pour détruire la variation négative : ce qui se voit surtout chez les animaux hibernants ;

7° Qu'enfin, la variation négative paraît accompagner, mais non pas constituer essentiellement l'état actif du nerf.

En *résumé*, nous nous croyons autorisé à répéter que la question de l'identité du fluide nerveux et de l'électricité, bien qu'abordée par les physiciens et les physiologistes modernes avec une rigueur inconnue de leurs prédécesseurs, de-

meure encore sans solution. Jusqu'à ce que de nouvelles expériences viennent confirmer définitivement l'opinion des électro-nervistes, nous resterons donc, avec les réserves que nous avons faites précédemment, fidèle à nos anciennes opinions, c'est-à-dire que, tout en reconnaissant l'importance des découvertes de Du Bois-Reymond sur l'*état électro-tonique* et sur la *variation négative*, nous persisterons à ne pas admettre que l'électricité et le fluide nerveux sont un seul et même agent.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES DIVERSES PARTIES DU SYSTÈME NERVEUX.

Après avoir établi la distinction, dans le système nerveux, des appareils spéciaux du sentiment, du mouvement et de l'intelligence; après avoir étudié, d'une manière générale, le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si remarquables et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre; après avoir déterminé les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques, et avoir examiné la question de l'identité de l'agent nerveux et de l'électricité, il nous reste à faire succéder à cette étude d'ensemble l'étude physiologique détaillée de chacune des dépendances du système nerveux.

Les usages de la moelle épinière et des diverses parties constituantes de l'encéphale, ceux des différents nerfs qui sont en relation immédiate avec ces organes centraux, devront donc fixer successivement notre attention.

Mais les rapports de l'*axe cérébro-spinal* avec la cavité vertébro-crânienne, dans laquelle il est entouré par des membranes et baigné par un liquide qui l'isole des parois osseuses; ses mouvements dans cette cavité, durant une certaine époque de la vie, et ses modifications fonctionnelles, qu'on peut provoquer à volonté en variant les conditions circulatoires, sont bien dignes assurément d'éveiller l'intérêt du physiologiste. Aussi, avant d'aborder, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de la moelle épinière et de chacune des divisions de la masse encéphalique, nous occuperons-nous des propriétés et des usages des membranes cérébro-spinales et du liquide sous-arachnoïdien, des mouvements de l'encéphale et de l'influence de la circulation sur ses fonctions.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES MEMBRANES DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A l'intérieur de la cavité formée par les vertèbres rachidiennes et crâniennes, se trouvent trois membranes intermédiaires aux os et à l'axe cérébro-spinal. Ces membranes sont de dehors en dedans : la *dure-mère*, de nature fibreuse; l'*arachnoïde*, de nature séreuse; la *pie-mère*, de nature cellulo-vasculaire dans le crâne, fibro-vasculaire dans le canal rachidien (1).

(1) Voyez, pour la description de ces membranes, notre *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux*, t. I.

Usages et propriétés de la dure-mère.

La dure-mère sert de périoste interne aux os du crâne, et l'histoire des canaux veineux qu'elle contient occupe une place importante dans l'étude de la circulation céphalique. Mais ce ne sont pas là des points qui se rattachent d'une manière bien directe à la physiologie du système nerveux ; aussi les laisserons-nous de côté pour ne considérer cette membrane que dans ses relations immédiates avec l'axe cérébro-spinal lui-même.

La dure-mère, envisagée relativement au cerveau et à la moelle, est essentiellement une membrane de protection.

Comme toutes les membranes fibreuses d'enveloppe, elle maintient dans leur configuration normale les parties qu'elle recouvre. Dans le canal rachidien, elle remplit évidemment ce dernier usage en s'opposant à l'écoulement du liquide sous-arachnoïdien. Dans le crâne, elle est aussi chargée de conserver la forme et la disposition respective des diverses parties qui constituent l'encéphale : interposée et tendue entre les deux lobes cérébraux, la faux du cerveau empêche que l'un de ces lobes ne pèse sur l'autre dans le décubitus latéral ; la faux du cervelet a un usage analogue relativement aux hémisphères cérébelleux, et la tente du cervelet le protége contre la pression que, sans cette cloison, le cerveau exercerait sur lui pendant la station. Nous verrons, d'ailleurs, que ces cloisons membraneuses servent aussi à maintenir le liquide céphalo-rachidien à la surface des circonvolutions.

Que l'on ajoute à ces usages la part que prend la circulation des sinus aux mouvements du cerveau, élément qui sera apprécié plus loin, et l'on aura épuisé toute la partie positive de la question qui nous occupe. Mais, si les travaux entrepris par Haller et ses contemporains ont ramené le problème à des termes aussi simples, il faut dire que le rôle de la dure-mère n'a pas toujours été regardé comme aussi restreint. De longues discussions, au sujet des usages de cette membrane, ont donné lieu à des théories diverses, dont nous allons essayer de tracer une esquisse rapide. Toutes ces théories, du reste, ne sont que des corollaires de deux propositions que plusieurs physiologistes se sont efforcés de démontrer : — *la dure-mère est contractile ; — elle est sensible.* — Cette dernière expression a été prise dans son acception la plus étendue. C'est à ces deux propositions, définitivement rejetées dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, que nous rattacherons les doctrines qui se sont succédé dans l'histoire de la science.

La dure-mère est-elle contractile ? — Les médecins arabes paraissent avoir cru à la contractilité de cette membrane : cette opinion leur venait probablement de Galien, qui assure qu'après la section de la dure-mère on observe la perte du mouvement et du sentiment (1). Malpighi pensait que la dure-mère se contracte pendant les convulsions : « *Meninges affici et in convulsionibus constringi valde* (2). » Au rapport de Pacchioni (3), Mayow regardait ces mouvements comme destinés à chasser le fluide nerveux du cerveau dans les nerfs.

D'après Willis (4), la dure-mère se contracte et se relâche pendant l'éternu-

(1) De Hippocratis et Platonis *Decretis*, lib. VII, c. 3.
(2) Pacchioni, *De dura membr.*, p. 23.
(3) *Ibid.*
(4) *De cerebri anatomia*, c. 6.

ment; lorsqu'elle est lésée, elle devient le siége de mouvements spasmodiques, de là les convulsions. D'autre part, quand elle se relâche, elle permet au sang des veines encéphaliques de pénétrer dans les sinus; et quand elle se contracte, elle chasse le sang vers le cœur. Ces mouvements sont accélérés par les passions ou les impressions vives, comme la crainte et la colère; aussi le sang arrive-t-il alors dans le cœur avec plus d'abondance.

Pacchioni prétendit légitimer ses hypothèses par des dissections desquelles il déduisit une théorie infiniment plus complète et, suivant lui, beaucoup plus satisfaisante. Au point de vue anatomique, la dure-mère est l'analogue du cœur; il en est de même relativement à ses propriétés. Comme le cœur, elle a un double mouvement de systole et de diastole. Pendant la systole, le fluide nerveux est chassé dans les nerfs; pendant la diastole, le sang artériel arrive dans le cerveau; la dure-mère est donc sous ce rapport l'antagoniste du cœur, ses mouvements alternent avec ceux de cet organe. En poursuivant son raisonnement, Pacchioni arrive à d'autres propositions qui ne sont pas moins extraordinaires : lorsque la faux du cerveau se contracte, la tente du cervelet se relâche et le cerveau seul est comprimé; quand c'est au contraire la faux du cervelet qui se contracte, c'est le cervelet qui est comprimé à son tour.

Des recherches expérimentales semblèrent aussi donner gain de cause à cette théorie; mais, comme elles ont été reconnues inexactes par tous les physiologistes subséquents, nous les passerons sous silence.

Quoi qu'il en soit, Pacchioni trouva d'abord de nombreux prosélytes et peu d'adversaires. Fantoni lui fit, il est vrai, beaucoup d'objections; mais Valsalva, Baglivi, F. Hoffmann, etc., adoptèrent ses idées. Il vécut néanmoins plus que le système dont il était l'auteur : convaincu par les nombreux arguments qu'on lui opposa, il finit par reconnaître que la dure-mère n'était pas douée de contractilité, et que jamais, dans ses vivisections, il n'avait aperçu les mouvements de cette membrane.

Cette réaction fut due principalement aux travaux de Haller et de tous les expérimentateurs, tels que Zinn, Caldani, Fontana, Walsdorf, etc., dont Haller a conservé les noms et les recherches (1). Ils arrivèrent tous à des résultats sensiblement identiques.

En supposant la contractilité de la dure-mère prouvée, on ne concevrait pas comment cette propriété pourrait être mise en jeu, puisque la dure-mère adhère à la paroi crânienne. En second lieu, cette membrane n'est pas de nature musculaire; elle est constituée par du tissu fibreux. Enfin, quand on a mis la dure-mère à nu, et que l'on applique sur elle des irritants mécaniques, des acides concentrés, un fer rougi au feu, etc., on n'observe aucun signe de contraction.

La dure-mère n'est donc pas contractile, et toutes les théories qui reposent sur l'existence de la contractilité dans cette membrane sont nécessairement fausses.

La dure-mère est-elle sensible? — Cette question a été principalement soulevée par Van Helmont et par les physiologistes de l'école de Stahl, qui plaçaient dans les méninges le siége de la sensibilité. Des considérations empruntées à la pathologie, des expériences directes tentées par ces derniers, les conduisirent à résoudre cette question affirmativement.

(1) *Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal.* Lausanne, 1760.

De leur côté, Haller, Zinn, Bordenave, Housset, etc. (1), arrivèrent par la même voie à une solution opposée.

Les irritants mécaniques appliqués à la dure-mère ne déterminent aucun signe de douleur; on peut impunément, disent-ils, inciser, déchirer cette membrane. Cependant Baglivi (2) a réveillé un animal endormi en piquant la dure-mère.

Le feu, les irritants chimiques ne déterminent pas de douleurs, suivant Haller, Heuerman, Tosetti, Zimmermann, Zinn, etc. (3). Broklesby (4) conserva quelques doutes à ce sujet. D'après ses expériences, Lecat (5) pense au contraire que la dure-mère est très-sensible.

Au milieu de ces données contradictoires, il est assez difficile de se décider. — J'ai fait quelques recherches à ce sujet, et j'ai vu que la dure-mère crânienne paraissait insensible dans sa portion supérieure, mais qu'en raclant légèrement, avec un scalpel, cette membrane, au niveau de la base du crâne, de la tente du cervelet, etc., l'animal donnait des signes non équivoques de douleurs : ces expériences ont été faites sur des chiens. Chez les mêmes animaux, la dure-mère spinale m'a toujours paru être insensible dans toute son étendue.

Quant aux arguments anatomiques sur lesquels on voudrait fonder l'insensibilité de la dure-mère, ils sont tous sans valeur. Haller et ses adhérents ont refusé des nerfs à cette membrane, et peut-être cette doctrine n'a-t-elle pas été sans influence sur l'interprétation des faits qui se sont offerts à leur observation; mais, ainsi que nous l'avons établi ailleurs (6), ces nerfs existent réellement; ils proviennent en outre des troncs sensitifs, et leur présence dans les points indiqués explique les résultats que nous avons obtenus.

Nous croyons donc qu'entre l'opinion de Lecat, qui reconnaît à la dure-mère une sensibilité plus exquise que celle de la peau, et la conclusion trop exclusive et trop absolue de Haller, il y a une solution à laquelle on doit s'arrêter : la dure-mère a réellement une sensibilité propre dans certains points, bien que cette propriété y soit peu développée. Il y a loin de là assurément à la théorie de l'école de Stahl, dont le germe se retrouve dans Érasistrate, et que personne ne soutient plus aujourd'hui.

Usages de l'arachnoïde et de la Pie-mère.

Ainsi que toutes les séreuses, l'*arachnoïde* paraît en rapport avec les mouvements de l'organe qu'elle enveloppe, mouvements qui s'observent au moins à une certaine époque de la vie. Elle est à l'axe céphalo-rachidien ce que les plèvres sont aux poumons, les synoviales aux articulations, etc. Sa cavité est remplie d'une vapeur qui peut se condenser après la mort, et qu'il faut bien se garder de confondre avec le liquide cérébro-spinal.

Très riche en vaisseaux, la *pie-mère* est la membrane nourricière de l'encéphale et de la moelle. Elle sert encore à donner plus de consistance aux parties qu'elle recouvre, et à conserver ainsi leur conformation normale. Dépouillée de son névrilème, la moelle devient bientôt presque diffluente; le même fait se reproduit,

(1) *Mémoires sur les parties sensibles, etc.*
(2) In Haller, *Elem. phys.*, t. IV, p. 307.
(3) *Mém. sur les parties sensibles, etc.*
(4) *Ibid.*, t. II, p. 222.
(5) *Dissertation sur la sensibilité de la dure-mère*, dans *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs*. Berlin, 1765, in-8, p. 176.
(6) Voy. notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 168.

quoique avec moins d'évidence, pour le cerveau et le cervelet dépouillés de leur pie-mère. Sans doute Galien avait été trop loin (1) en disant que, sans cette membrane, la substance cérébrale perdrait toute cohésion; mais Vésale a été trop exclusif en rejetant complétement cette opinion.

La pie-mère, comme on le verra plus loin, paraît avoir aussi sous sa dépendance la sécrétion du liquide céphalo-rachidien.

Castell, Waldorf, Tosetti (2), ont mis cette membrane en contact avec du beurre d'antimoine, sans obtenir des signes de douleur; cinq expériences faites avec le même caustique par Haller (3) établissent également l'insensibilité de la pie-mère, que maintes fois nous avons eu occasion de constater nous-même.

Il en a été de même dans nos expériences sur l'arachnoïde : elle s'est toujours montrée insensible à toutes nos irritations mécaniques ou chimiques, et pourtant de nombreux exemples tendent à prouver que les maladies peuvent y développer de la douleur, aussi bien que dans beaucoup d'autres organes qui, à l'état physiologique, paraissent dépourvus de toute sensibilité.

Du liquide céphalo-rachidien (4).

L'inspection la plus simple démontre que la moelle épinière est loin de remplir le canal rachidien, et qu'elle occupe à peine les deux tiers ou la moitié de cette cavité; d'un autre côté, la partie inférieure du canal présente une ampleur disproportionnée relativement aux nerfs de la queue de cheval qu'elle contient. Si, au volume de la moelle, on ajoute celui des enveloppes et des plexus veineux, on verra que l'espace intra-rachidien est loin encore d'être comblé.

Il en est de même pour le cerveau, qui ne remplit pas exactement la boîte du crâne, ce dont on peut s'assurer, surtout à la base de cet organe, au niveau des espaces sous-arachnoïdiens.

Il y a donc, entre le cerveau et les os du crâne, entre la moelle et la paroi interne du canal vertébro-sacré, un espace qui n'est pas occupé par des parties solides.

Il existe une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère. — C'est à Cotugno qu'il faut surtout rapporter cette découverte, bien que cet auteur ne se soit pas expliqué d'une manière très nette sur l'existence de ce liquide chez l'homme vivant : ses recherches portèrent surtout sur des cadavres. Il constata l'existence d'une couche de liquide sur toute la surface externe de la pie-mère crânienne et spinale, couche plus épaisse au niveau de la base du crâne et dans le canal rachidien; il vit en outre que le liquide extra-cérébral communiquait avec le liquide rachidien, et tous deux avec le liquide des ventricules. Voilà ce qu'il observa après la mort. Cotugno se posa la question de savoir s'il en était de même pendant la vie, et voulut d'abord la décider par des vivisections. Il reconnut que le liquide cérébro-spinal existait chez les poissons et la tortue marine; mais il ne put jamais en vérifier la présence sur les chiens et les oiseaux.

(1) *De usu partium*, lib. VIII, c. 8.
(2) *Mém. sur les part. irrit. et sens.*, t. II, p. 100, 110 et 201.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 193.
(4) MAGENDIE, *Recherches physiolog. et cliniq. sur le liquide céphalo-rachidien*. Paris, 1842. — COTUGNO, *De ischiade nervosa* in *Thesaur. dissert.* de SANDIFORT, 1769, t. II, p. 411, et dans le *Journal de physiologie expériment.*, t. VII, p. 83.

Le problème ne pouvait donc être résolu, pour lui, que par le raisonnement : un espace existe entre les centres nerveux et leur enveloppe osseuse; cet espace, qui est rempli d'eau après la mort, ne peut être vide pendant la vie; il ne peut contenir que de l'eau ou de la vapeur séreuse. Mais cette vapeur ne pourrait, en se condensant, produire la quantité de liquide que l'on trouve après la mort; on peut donc penser, avec quelque raison, que ce liquide existe chez l'homme vivant, ce que semblent confirmer les résultats des expériences faites sur les poissons et la tortue. Toutefois Cotugno n'ose pas se prononcer d'une manière formelle, et reste dans le doute à cet égard (*).

De son côté, Haller (1) reconnut, entre la moelle et la dure-mère, l'existence d'un liquide qu'il compara au liquide que l'on trouve dans le péricarde, le péritoine, etc. « Ea in sede, inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continetur, » non infrequens, in fœtu tamen frequentior est aquula... » Il rappelle que ce fait avait déjà été signalé par Stœhelinus (2), qui avait comparé le liquide en question au sérum du sang; par Coiter, Bidloo, Boehmer (3), et qu'enfin ce liquide était décrit sous le nom d'*aqua limpida* dans les *Éphémérides des curieux de la nature* (4). Il ne doute pas que l'eau amassée dans les ventricules latéraux ne puisse descendre jusqu'à la partie inférieure de la moelle. Dans un autre endroit (5), Haller fait remarquer qu'une vapeur séreuse est exhalée continuellement, chez les animaux vivants, de la surface libre de la pie-mère et des ventricules.

Depuis Haller et Cotugno, aucun anatomiste ne fit mention du liquide cérébro-spinal jusqu'en 1825, époque à laquelle Magendie appela de nouveau l'attention sur un liquide qu'il crut d'abord avoir décrit le premier, et qui se trouve dans le crâne et dans le canal vertébral de l'homme et des animaux. Son point de départ ne fut pas le même que celui de Cotugno : celui-ci avait opéré sur des cadavres; Magendie arriva au même résultat par les vivisections. Après avoir enlevé les lames des vertèbres sur un chien vivant, il vit la dure-mère fortement tendue; une ponction faite à cette membrane donna lieu à l'écoulement d'une certaine quantité d'eau limpide et transparente. La dure-mère s'affaissant, après la ponction, sous la pression atmosphérique, vint s'appliquer sur la moelle, dont elle était séparée auparavant par le liquide. Cette expérience ayant été faite plusieurs fois avec succès, Magendie la répéta sur des cadavres humains, et put conclure qu'il existe, à l'état normal, une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère; seulement il se méprit d'abord sur le siége de ce liquide, qu'il plaça dans la cavité de l'arachnoïde. Mais ce physiologiste ne tarda pas, du reste, à revenir de cette erreur, et combla la lacune laissée par Cotugno.

(*) Dans le 44e numéro de la *Gazette médicale de Paris*, 1842, on a tenté de prouver que Cotugno admettait l'existence du liquide céphalo-rachidien pendant la vie, et l'on a cité à ce sujet la phrase suivante : « *Quod igitur spatium circa spinalem medullam invenitur secundum naturam est, et aqua impletur, et in cadavere nil pene habet varii ab eo quod in homine obtinet vivente.* » Mais, en lisant ce qui précède, on voit que Cotugno a seulement voulu dire que l'espace auquel il fait allusion existe sur l'homme vivant et sur le cadavre, et qu'il a les mêmes dimensions dans les deux circonstances, sans affirmer pour cela que cet espace est rempli de liquide pendant la vie, car un peu plus haut il s'exprime ainsi : « *Veri humoris præsentiam, quam in homine vivo dubitamus, viventium quorumdam animalium dissectiones affirmant.* » (*Op. cit.*, p. 91.)

(1) *Op. cit.*, t. IV, p. 87.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Ibid.*
(5) *Op. cit.*, t. IV, p. 23.

Il existe une couche de liquide dans la cavité des ventricules. — C'est un point sur lequel la science a singulièrement varié depuis Galien jusqu'à nos jours (1). Suivant Galien, Willis, Vieussens, Littre, Schneider, etc., les ventricules contiennent de l'eau dans l'état normal. D'après Coiter, Hilden, Bohn, Verduc, Lieutaud, Haller et Cotugno, ils sont lubrifiés par une vapeur séreuse qui peut se condenser sous l'influence de causes pathologiques.

Comme on peut le voir, presque tous les anatomistes du siècle dernier se refusaient à admettre un liquide dans la cavité des ventricules. Bichat, Meckel, se rangèrent à cette opinion. Magendie s'est au contraire prononcé pour la manière de voir des anciens. Si, dans un certain nombre de cadavres, on trouve vides les cavités ventriculaires, c'est que ces cavités communiquent avec le tissu cellulaire sous-arachnoïdien, qui contient le liquide extérieur; mais si l'on met la tête dans une position déclive, et qu'on arrive avec précaution au-dessus de la membrane des ventricules, on peut toujours, à l'aide d'une pipette, aspirer le liquide qu'ils renferment (2). D'un autre côté, ce liquide n'est pas dû à une vapeur condensée après la mort; car si, sur un chien vivant, on met à découvert l'intérieur des ventricules, « on aperçoit le liquide céphalo-rachidien qui monte et descend par flux et reflux en suivant la respiration et les efforts de l'animal » (3).

Il existe donc une couche de liquide à la surface extérieure du cerveau et dans l'intérieur des ventricules. Maintenant deux questions se présentent : Quel est le siége précis du liquide extra-cérébral? Celui-ci communique-t-il avec le liquide ventriculaire?

Siége du liquide céphalo-rachidien. — Haller, comme on l'a déjà vu plus haut, ne s'explique pas d'une manière très précise à ce sujet : « Ea in sede (cauda » equina), *dit-il*, inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continetur, non » infrequens, in fœtu tamen frequentior est aquula (4). » Mais comme, quelques lignes plus bas, il ajoute que cette sérosité est exhalée par les artères du névrilème, il semble l'avoir placée dans le lieu qu'elle occupe réellement.

Cotugno pense également que le liquide qu'il décrit baigne la surface extérieure de la pie-mère.

Lors de ses premières recherches, Magendie regardait le *liquide spinal* comme contenu dans la cavité même de l'arachnoïde; mais il changea bientôt d'opinion, et démontra qu'il occupait le tissu cellulaire sous-arachnoïdien. On peut s'en convaincre facilement de la manière suivante. Lorsque, sur un animal vivant ou sur un cadavre, on a incisé avec précaution la dure-mère et le feuillet pariétal de l'arachnoïde, on voit le feuillet viscéral, soulevé par un flot de liquide, venir faire hernie entre les lèvres de la plaie; il faut inciser ce feuillet pour que le liquide s'épanche au dehors.

De même, le *liquide crânien*, qui baigne toute la surface extérieure de la pie-mère, passe avec elle dans l'intérieur des circonvolutions, enveloppe toutes les origines des nerfs jusqu'à la sortie du crâne, et l'infundibulum et la glande pituitaire dont il pénètre le tissu; mais on le trouve surtout en grande abondance dans les divers *confluents* de la base du crâne.

(1) *Recherches historiques sur le liquide céphalo-rachidien*, par le docteur JODIN, à la suite du mémoire déjà cité de Magendie, p. 140.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 83.
(3) *Ibid.*, p. 125.
(4) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.

Ainsi le *liquide céphalo-rachidien* a son siége dans le tissu cellulaire intermédiaire à la pie-mère et à l'arachnoïde. Avant d'aller plus loin, il faut faire observer que ce tissu cellulaire est partout continu à lui-même, et que, par conséquent, les divers confluents crâniens sont en communication les uns avec les autres et avec le grand confluent spinal; cependant la faux du cerveau et la tente du cervelet sont des obstacles naturels qui s'opposent à ce que, obéissant aux lois de la pesanteur, le liquide qui baigne la face convexe des hémisphères descende constamment vers la base. Ce sont ces cloisons qui empêchent qu'un liquide coloré, introduit dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien de la partie supérieure d'un hémisphère, passe de cet hémisphère sur l'hémisphère voisin, ou pénètre jusque dans les grands confluents de la base du cerveau. Toutefois ces obstacles ne sont pas insurmontables, et, dans les cas d'épanchements sanguins de la convexité des lobes cérébraux, on observe assez fréquemment une coloration rougeâtre dans le liquide spinal (1).

Communication du liquide ventriculaire avec le liquide sous-arachnoïdien. — Établissons d'abord ce fait, que le liquide des ventricules latéraux communique avec le liquide du ventricule moyen par les ouvertures de Monro, et médiatement avec le liquide du quatrième ventricule par l'aqueduc de Sylvius. Le quatrième ventricule est donc en définitive le réservoir du liquide intra-cérébral. Or, à l'extrémité postérieure de ce ventricule, se trouve un orifice qui le met en rapport avec le confluent postérieur, et par suite avec le confluent spinal. Cette ouverture triangulaire, que Magendie appelle *orifice des cavités encéphaliques*, existe au niveau du *calamus scriptorius*. Elle est limitée en avant par le *calamus*; latéralement par deux replis de la pie-mère qui s'élèvent des bords de ce *calamus* et tapissent la face interne des lobules du bulbe rachidien; en arrière par le *vermis inferior*, revêtu d'une expansion de la pie-mère.

Avec quelque soin que l'on détache le cerveau, on rencontre toujours cet orifice non-seulement chez l'homme, mais aussi chez les animaux. Magendie l'a trouvé chez le chien, les rongeurs, les ruminants et les oiseaux (2) : chez tous ces animaux, le liquide des ventricules, celui des lobes olfactifs, communiquent avec le liquide sous-arachnoïdien, tandis que le liquide contenu dans la cavité des lobes optiques et du ventricule de la moelle lombaire paraît être renfermé dans des cavités closes de toutes parts.

En dernière analyse, toute la surface libre des centres nerveux, interne ou externe, est baignée par une couche de liquide. Ce liquide est non-seulement étendu sur la superficie de l'axe cérébro-rachidien, mais il accompagne tous les nerfs spinaux jusqu'aux trous de conjugaison, tous les nerfs crâniens jusqu'à leur sortie du crâne.

Quantité du liquide céphalo-rachidien. — La quantité du liquide céphalo-rachidien est en raison inverse du développement de l'axe cérébro-spinal; elle augmente dans les cas d'atrophie, diminue dans les cas d'hypertrophie. Aussi est-elle plus considérable chez les vieillards que chez les enfants, dont le cerveau est plus développé, chez les individus émaciés, chez ceux qui sont depuis longtemps

(1) MAGENDIE, *loc. cit.*, p. 42 et 43.
(2) *Mém. cit.*, p. 124 et suiv.

dans un état de déinence, etc. Elle varie aussi suivant la taille, suivant le temps qui s'est écoulé entre la mort et l'autopsie, car une partie du liquide passe toujours par voie d'imbibition dans les tissus ambiants.

La quantité normale, chez un homme de taille moyenne, est de 62 grammes, suivant Magendie. On peut en recueillir jusqu'à 372 grammes dans certains cas d'atrophie cérébrale.

Diverses causes pathologiques peuvent également augmenter la quantité du liquide céphalo-rachidien. Haller avait déjà noté ce phénomène dans le spina-bifida (1). On peut également le constater dans l'hydrorachis et l'hydrocéphalie.

Composition chimique du liquide céphalo-rachidien (2). — Ce liquide est alcalin, il a une saveur salée. Lassaigne lui a trouvé la composition suivante chez une vieille femme: Eau, 98,564; albumine, 0,088; osmazôme, 0,474; chlorure de sodium et de potassium, 0,801; matière animale et phosphate de chaux libre, 0,036; carbonate de soude et phosphate de chaux, 0,017.

Sur un cheval: Eau, 98,180; albumine, 0,035; osmazôme, 1,104; chlorure de sodium, 0,610; sous-carbonate de soude, 0,060; phosphate et carbonate de chaux, 0,009.

Haldat a aussi reconnu dans ce liquide la présence de l'albumine et de l'osmazôme. D'après Couerbe, il contiendrait un réseau de globules analogues à ceux que l'on rencontre dans la substance cérébrale; on y trouverait en outre de l'albumine, de la *cholestérine*, de la *cérébrote*, du chlorure de sodium, du phosphate de chaux, des sels de potasse et de magnésie. Au dire de ce chimiste, ce ne serait donc pas de la sérosité, mais un liquide spécial.

D'après Magendie (3), les substances introduites dans la circulation par les veines se retrouvent peu d'instants après dans le liquide céphalo-rachidien: le fait est facile à vérifier pour le cyanure et l'iodure ioduré de potassium. Le même auteur pense qu'il est possible que ce soit par cette voie que beaucoup de substances agissent sur l'économie, en se trouvant en contact direct avec les centres nerveux.

Les altérations qu'éprouve la composition du sang réagissent également sur la composition du liquide: il devient jaune dans l'ictère et la fièvre jaune, rougeâtre dans le scorbut et la fièvre typhoïde.

Sécrétion du liquide céphalo-rachidien. — Est-il sécrété par l'arachnoïde, comme le dit Cruveilhier (4), par la pie-mère, comme le pensent Haller (5) et Magendie? A l'appui de son opinion, Cruveilhier invoque ce fait, que les séreuses exhalent par leur face externe aussi bien que par leur face interne. Il est vrai que l'on rencontre quelquefois des collections aqueuses en dehors des feuillets séreux; mais ce sont là des faits anormaux, et l'on peut d'ailleurs rapporter l'origine de ces collections aussi bien au tissu cellulaire sous-séreux qu'à la séreuse elle-même.

Il est donc d'abord tout aussi probable que l'organe sécrétoire du liquide

(1) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 47.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 51.
(4) *Anatom. descript.*, t. IV, p. 553.
(5) *Elem. physiol.*, t. IV, p. 43. § 1°.

céphalo-rachidien est la pie-mère. Mais on a reconnu que, chez l'animal vivant, en mettant cette membrane à découvert, il s'en exhale un liquide qui devient encore plus apparent lorsqu'on a injecté dans les vaisseaux une certaine quantité d'eau tiède (*). On peut remarquer, d'autre part, qu'il y a exhalation de liquide dans les ventricules comme à la surface du cerveau (1) : or, dans ces cavités, la production du liquide ne peut être attribuée qu'à la membrane ventriculaire ; et, comme cette membrane n'est, après tout, qu'une modification de la pie-mère, il ne répugne pas d'admettre que la pie-mère soit le siége d'une sécrétion identique dans toute son étendue.

Quoi qu'il en soit, la sécrétion du liquide céphalo-rachidien s'opère avec beaucoup de rapidité. Magendie (2) a prouvé qu'on peut, à l'aide d'une ponction faite entre l'atlas et l'occipital, retirer presque tout le liquide céphalo-rachidien d'un animal vivant : si l'on ferme la plaie et qu'on répète l'expérience au bout de vingt-quatre heures, on voit que le liquide s'est reproduit à peu près avec la même abondance qu'auparavant. Ce phénomène peut même être constaté plusieurs fois sur le même animal. — Ces expériences, faciles à répéter, nous ont donné des résultats analogues.

Mouvements du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien est agité d'un double mouvement isochrone aux mouvements respiratoires : pendant l'inspiration, il afflue dans la cavité spinale ; pendant l'expiration, il afflue dans le crâne et dans les ventricules.

On peut s'en assurer par des expériences directes. Pour cela, il suffit d'adapter un tube de verre, contenant un peu d'eau colorée, à la cavité sous-arachnoïdienne, derrière l'occiput. On voit la colonne colorée descendre à chaque inspiration, monter à chaque expiration (3). On peut aussi mettre, sur un chevreau (4), l'intérieur des ventricules à découvert ; on voit le liquide, animé d'un mouvement de flux et de reflux, être aspiré pendant l'inspiration, être refoulé au contraire pendant l'expiration. Ce fait est encore plus sensible, si l'on verse un liquide coloré dans les ventricules.

Ce flux et ce reflux sont également faciles à constater dans les cas de spina-bifida.

Quel est le mécanisme de ce double mouvement ? Il repose entièrement sur la disposition anatomique des sinus de la dure-mère et des plexus veineux intra-rachidiens. Les premiers, placés entre deux feuillets fibreux, sont incompressibles ; ils ont une forme, un calibre, des dimensions qui ne varient pas sensiblement suivant les mouvements respiratoires ; les seconds, au contraire, ont des parois libres, et sont, par conséquent, soumis à des alternatives de dilatation et de resserrement, comme toutes les veines du corps. Or, il est bien établi aujourd'hui qu'à chaque inspiration le sang veineux afflue de toutes parts vers la cavité thoracique ; il se fait donc à ce moment un vide virtuel dans le canal rachidien ; ce vide est immédiatement comblé par le liquide cérébral, qui est, pour ainsi dire, aspiré dans la cavité rachidienne. Réciproquement, lors de l'expiration, les veines intra-rachi-

(*) Cette expérience, faite d'abord par Kaauw Boerhaave, a été souvent reproduite par Haller. (*Loc. cit.*)

(1) HALLER, *loc. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*, p. 39.
(3) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 40.
(4) *Ibid.*, p. 41.

meure encore sans solution. Jusqu'à ce que de nouvelles expériences viennent confirmer définitivement l'opinion des électro-nervistes, nous resterons donc, avec les réserves que nous avons faites précédemment, fidèle à nos anciennes opinions, c'est-à-dire que, tout en reconnaissant l'importance des découvertes de Du Bois-Reymond sur l'*état électro-tonique* et sur la *variation négative*, nous persisterons à ne pas admettre que l'électricité et le fluide nerveux sont un seul et même agent.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES DIVERSES PARTIES DU SYSTÈME NERVEUX.

Après avoir établi la distinction, dans le système nerveux, des appareils spéciaux du sentiment, du mouvement et de l'intelligence; après avoir étudié, d'une manière générale, le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si remarquables et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre; après avoir déterminé les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques, et avoir examiné la question de l'identité de l'agent nerveux et de l'électricité, il nous reste à faire succéder à cette étude d'ensemble l'étude physiologique détaillée de chacune des dépendances du système nerveux.

Les usages de la moelle épinière et des diverses parties constituantes de l'encéphale, ceux des différents nerfs qui sont en relation immédiate avec ces organes centraux, devront donc fixer successivement notre attention.

Mais les rapports de l'*axe cérébro-spinal* avec la cavité vertébro-crânienne, dans laquelle il est entouré par des membranes et baigné par un liquide qui l'isole des parois osseuses; ses mouvements dans cette cavité, durant une certaine époque de la vie, et ses modifications fonctionnelles, qu'on peut provoquer à volonté en variant les conditions circulatoires, sont bien dignes assurément d'éveiller l'intérêt du physiologiste. Aussi, avant d'aborder, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de la moelle épinière et de chacune des divisions de la masse encéphalique, nous occuperons-nous des propriétés et des usages des membranes cérébro-spinales et du liquide sous-arachnoïdien, des mouvements de l'encéphale et de l'influence de la circulation sur ses fonctions.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES MEMBRANES DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A l'intérieur de la cavité formée par les vertèbres rachidiennes et crâniennes, se trouvent trois membranes intermédiaires aux os et à l'axe cérébro-spinal. Ces membranes sont de dehors en dedans : la *dure-mère*, de nature fibreuse; l'*arachnoïde*, de nature séreuse; la *pie-mère*, de nature cellulo-vasculaire dans le crâne, fibro-vasculaire dans le canal rachidien (1).

(1) Voyez, pour la description de ces membranes, notre *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux*, t. I.

Usages et propriétés de la dure-mère.

La dure-mère sert de périoste interne aux os du crâne, et l'histoire des canaux veineux qu'elle contient occupe une place importante dans l'étude de la circulation céphalique. Mais ce ne sont pas là des points qui se rattachent d'une manière bien directe à la physiologie du système nerveux ; aussi les laisserons-nous de côté pour ne considérer cette membrane que dans ses relations immédiates avec l'axe cérébro-spinal lui-même.

La dure-mère, envisagée relativement au cerveau et à la moelle, est essentiellement une membrane de protection.

Comme toutes les membranes fibreuses d'enveloppe, elle maintient dans leur configuration normale les parties qu'elle recouvre. Dans le canal rachidien, elle remplit évidemment ce dernier usage en s'opposant à l'écoulement du liquide sous-arachnoïdien. Dans le crâne, elle est aussi chargée de conserver la forme et la disposition respective des diverses parties qui constituent l'encéphale : interposée et tendue entre les deux lobes cérébraux, la faux du cerveau empêche que l'un de ces lobes ne pèse sur l'autre dans le décubitus latéral ; la faux du cervelet a un usage analogue relativement aux hémisphères cérébelleux, et la tente du cervelet le protége contre la pression que, sans cette cloison, le cerveau exercerait sur lui pendant la station. Nous verrons, d'ailleurs, que ces cloisons membraneuses servent aussi à maintenir le liquide céphalo-rachidien à la surface des circonvolutions.

Que l'on ajoute à ces usages la part que prend la circulation des sinus aux mouvements du cerveau, élément qui sera apprécié plus loin, et l'on aura épuisé toute la partie positive de la question qui nous occupe. Mais, si les travaux entrepris par Haller et ses contemporains ont ramené le problème à des termes aussi simples, il faut dire que le rôle de la dure-mère n'a pas toujours été regardé comme aussi restreint. De longues discussions, au sujet des usages de cette membrane, ont donné lieu à des théories diverses, dont nous allons essayer de tracer une esquisse rapide. Toutes ces théories, du reste, ne sont que des corollaires de deux propositions que plusieurs physiologistes se sont efforcés de démontrer : — *la dure-mère est contractile ; — elle est sensible.* — Cette dernière expression a été prise dans son acception la plus étendue. C'est à ces deux propositions, définitivement rejetées dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, que nous rattacherons les doctrines qui se sont succédé dans l'histoire de la science.

La dure-mère est-elle contractile ? — Les médecins arabes paraissent avoir cru à la contractilité de cette membrane : cette opinion leur venait probablement de Galien, qui assure qu'après la section de la dure-mère on observe la perte du mouvement et du sentiment (1). Malpighi pensait que la dure-mère se contracte pendant les convulsions : « *Meninges affici et in convulsionibus constringi valde* (2). » Au rapport de Pacchioni (3), Mayow regardait ces mouvements comme destinés à chasser le fluide nerveux du cerveau dans les nerfs.

D'après Willis (4), la dure-mère se contracte et se relâche pendant l'éternu-

(1) De Hippocratis et Platonis *Decretis*, lib. VII, c. 3.
(2) Pacchioni, *De dura membr.*, p. 23.
(3) *Ibid.*
(4) *De cerebri anatomia*, c. 6.

diennes se gonflent, se distendent; le liquide obéit à cette compression et reflue vers l'encéphale.

Il faut, du reste, avouer que les vivisections et l'observation des faits de spina-bifida donnent une idée exagérée de l'étendue des mouvements du liquide céphalo-rachidien. On introduit en effet un nouvel élément dans la question, la pression atmosphérique, qui s'ajoute à l'effet de l'inspiration; et l'on n'apprécie pas l'influence de la résistance des parois osseuses, qui tend nécessairement à limiter le flux et le reflux du liquide.

Nous ne reviendrons pas ici sur les usages des replis de la dure-mère relativement au liquide cérébral; nous les avons indiqués plus haut.

Usages du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien exerce sur l'axe cérébro-spinal dont il baigne la surface, sur les membranes qui le recouvrent, une certaine pression dont on peut se faire une idée par la tension de ces membranes. Vient-on en effet à les perforer, le liquide jaillit au dehors.

C'est la pression excentrique du liquide céphalo-rachidien qui, pendant la vie intra-utérine, est, selon Magendie, l'antagoniste de la pression exercée sur la tête par les eaux de l'amnios; c'est elle qui protége alors seule les centres nerveux et qui en assure la configuration; c'est elle qui, tant que les os ne sont pas entièrement formés, tant que les sutures ne sont pas réunies, protége encore les organes encéphaliques contre la pression atmosphérique, contre les efforts extérieurs. La conformation normale de la tête est due à l'équilibre qui existe entre ces forces opposées. Si cet équilibre est détruit, si les forces extérieures ont plus d'énergie que la résistance du liquide, la paroi du crâne s'affaisse; si, au contraire, la pression excentrique du liquide devient supérieure aux forces extérieures, les dimensions de la boîte osseuse augmentent, le crâne se dilate et présente les caractères que l'on observe dans l'hydrocéphalie.

La pression du liquide céphalo-rachidien sur les centres nerveux ne serait pas moins importante à considérer. Diminue-t-elle, ce qui arrive, par exemple, aux animaux auxquels on soustrait une certaine quantité de liquide, aussitôt, suivant Magendie (1), toutes les fonctions nerveuses sont troublées, *les animaux cessent de se mouvoir régulièrement, d'autres tombent sur le côté et ne sauraient se relever*, quelques-uns paraissent en proie à une anxiété, à une agitation extrême: je dirai tout à l'heure si réellement ces effets doivent être rapportés à la soustraction du liquide. Que la pression vienne, au contraire, à s'accroître par une augmentation dans sa quantité, l'animal tombe dans un état comateux, et il éprouve de véritables accidents de compression cérébrale. On peut s'en assurer en poussant dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien une injection d'eau à 31°; l'effet est instantané (2). De même, si l'on comprime avec la main les encéphalocèles ou les tumeurs qui caractérisent les cas de spina-bifida, le liquide, en refluant dans la cavité crânienne, détermine immédiatement des accidents de compression.

Mais le liquide sous-arachnoïdien n'est pas seulement, d'après Magendie, en antagonisme avec les pressions extérieures; il contre-balance la pression exercée par le liquide ventriculaire sur les parois des ventricules. Ici encore l'équilibre de ces deux forces est une des conditions dont dépendent la forme et les rapports des

(1) *Ouvr. cit.*, p. 58.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 30.

masses encéphaliques. Si la pression du liquide ventriculaire devient prépondérante, les cavités internes s'agrandissent aux dépens de l'épaisseur de leurs parois, les orifices et les canaux de communication se dilatent; alors aussi les accidents de compression cérébrale se manifestent avec plus ou moins de rapidité.

Il suivrait donc de ce qui précède que la présence du liquide céphalo-rachidien serait indispensable à l'intégrité de la forme et des fonctions du système nerveux.

Selon Magendie (1), ce liquide est également en rapport fonctionnel avec la circulation encéphalique. Accumulé à la base de l'encéphale, il protége les gros troncs artériels contre la compression que le poids du cerveau exercerait sur leurs parois, si cet organe remplissait exactement la boîte crânienne.

C'est à tort, suivant moi (2), que les physiologistes admettent, d'après une des précédentes expériences, que la soustraction du liquide céphalo-rachidien occasionne un trouble notable des facultés locomotrices. Ayant évacué ce liquide entre l'occipital et l'atlas, après avoir divisé les parties qui recouvrent l'espace occipito-rachidien postérieur, j'ai vu, en effet, les animaux abandonnés à eux-mêmes chanceler comme s'ils étaient ivres, leur corps se balancer de tous côtés comme s'il était successivement sollicité par des forces antagonistes; mais, chez les mêmes animaux (cheval, mouton, chien, chat, cabiai, lapin, etc.), m'étant borné à inciser les parties molles de la nuque, *sans donner issue au liquide céphalo-rachidien*, j'ai observé, avec quelque surprise, les mêmes phénomènes jusqu'à présent attribués à sa soustraction.

Dès lors, il devenait nécessaire de faire écouler ce liquide sans léser les parties musculaires et ligamenteuses de la région postérieure du cou: j'enlevai donc une mince lame vertébrale vers le milieu du dos; et si, à la suite de cette opération notable, un peu de faiblesse survint (à cause de la plaie musculaire) dans le train postérieur, elle ne fut en rien augmentée par l'écoulement du liquide, et d'ailleurs les animaux (chiens) ne présentèrent aucunement la titubation si singulière que j'avais remarquée dans l'autre série d'expériences, après la simple division des parties molles de la nuque.

tions étaient on ne peut plus favorables à la fois pour extraire le liquide céphalo-rachidien et pour observer l'influence immédiate, si elle était réelle, de son extraction sur l'exercice régulier des organes locomoteurs. Malgré le soin que j'ai pris, au moment de la perforation des membranes, de faire crier les animaux, de gêner leur respiration, ou même, après avoir ouvert les membranes spinales, d'enlever une partie de la voûte crânienne (lapins), pour rendre l'écoulement du liquide plus facile et plus complet, dans aucun cas la démarche des animaux n'a présenté la moindre modification. — Par conséquent, d'une part, on peut donner issue au fluide céphalo-rachidien sans déterminer aucun trouble dans les mouvements; d'autre part, celui qui éclate d'une manière si brusque et si marquée, après qu'on a seulement divisé les muscles cervicaux postérieurs (avec le ligament sus-épineux, quand il existe), ne dure qu'un espace de temps assez court.

A propos de ce dernier résultat, qu'il me soit permis de faire observer qu'ici, pour expliquer la restitution prompte et intégrale des mouvements, il est bien impossible, comme l'ont toujours fait les expérimentateurs qui avaient d'abord évacué le liquide, d'invoquer sa reproduction rapide, puisque son évacuation n'avait point eu lieu d'abord.

Ainsi, évidemment, dans mes expériences, le rétablissement des fonctions locomotrices ne saurait pas plus dépendre de la reproduction du liquide céphalo-rachidien, que leur perturbation n'a pu dépendre de son écoulement; et jusqu'alors, par conséquent, la cause de l'apparition de ces phénomènes, aussi bien que la cause de leur disparition, a été entièrement méconnue.

Ne pouvant entrer ici dans la description détaillée de ces phénomènes (*), je me bornerai à mentionner brièvement la théorie qui m'a paru la plus rationnelle pour en rendre compte : elle se fonde sur leur extrême analogie avec ceux que Flourens a le premier signalés après les lésions directes du cervelet.

La flexion angulaire de la tête sur l'atlas, qui, chez les animaux indiqués, résulte de la section complète des parties musculaires de la nuque, nous semble devoir occasionner à la fois un tiraillement et une compression de l'axe cérébro-spinal, portant plus spécialement sur les parties qui avoisinent l'articulation occipito-atloïdienne. Ces parties sont le bulbe et la protubérance annulaire, *auxquels se lient tous les pédoncules du cervelet*. Or, ces moyens de transmission n'apportant plus qu'imparfaitement aux muscles l'influence coordinatrice de cet organe, on comprendra qu'il puisse en résulter les mêmes effets que s'il était lésé lui-même directement. D'ailleurs, je n'ai pas négligé de répéter souvent des expériences comparatives sur deux animaux de la même espèce : chez l'un, je lésais isolément le cervelet; chez l'autre, je ne pratiquais que la section des muscles cervicaux postérieurs, et j'ai toujours trouvé une frappante analogie dans les phénomènes.

Il est facile d'expliquer pourquoi on ne les produit point, quand on se borne à fléchir fortement la tête des animaux à l'aide de liens appropriés.

Dans ce cas, le mouvement se fait par un déplacement de toutes les vertèbres de la colonne cervicale, et, quoique les rapports des vertèbres entre elles soient très peu changés, il en résulte une courbe qui permet un abaissement considérable de la tête, sans lésion possible des masses nerveuses : au contraire, dans le cas où la

(*) Voyez, pour les détails des phénomènes dus à la section des parties molles de la nuque et les diverses conditions de leur production, notre *Mémoire cité*.

flexion a lieu après la section des parties molles de la nuque, la tête s'infléchit directement sur l'atlas, les autres vertèbres cervicales ne participent point à ce mouvement; et, quoique la flexion ne paraisse pas plus considérable que dans le cas précédent, elle s'est opérée au moyen d'un déplacement *angulaire* entre l'atlas et le contour du trou occipital, d'où résulte un angle qui fait saillie en dedans et comprime les parties de l'axe cérébro-spinal qui viennent d'être signalées.

En résumé : 1° La *soustraction du liquide cérébro-spinal n'a aucune influence sur l'exercice régulier des organes locomoteurs* (*) ; au contraire, la section des parties molles de la nuque entraîne la perte immédiate de toute faculté de station et de locomotion régulières. 2° C'est à la division préalable de ces parties qu'on doit rapporter le trouble locomoteur attribué, jusqu'à présent, à la soustraction du liquide cérébro-spinal faite au niveau de l'espace occipito-atloïdien. 3° L'incertitude dans la station et dans la marche offre, d'ailleurs, la plus grande analogie avec celle qui résulte des lésions directes du cervelet, et paraît avoir pour *cause* la compression et le tiraillement, au niveau et au-dessus de l'atlas, des portions de l'axe cérébro-spinal auxquelles sont liés les pédoncules cérébelleux (**). 4° C'est par l'habitude que ces portions encéphaliques prennent si rapidement d'être comprimées et tiraillées, et non par la reproduction du liquide céphalo-rachidien, qu'on doit expliquer la restitution prompte des facultés locomotrices.

MOUVEMENTS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A. — Mouvements du cerveau.

Quand on applique la main sur la tête d'un enfant nouveau-né, au niveau des fontanelles, on sent manifestement une succession de mouvements dont le cerveau paraît être le siége. Lorsqu'on enlève sur un animal une portion assez étendue de la voûte du crâne, que la dure-mère soit intacte ou qu'elle ne le soit pas, on reconnaît également de la manière la plus évidente que le cerveau est agité d'un double mouvement, c'est-à-dire qu'il semble s'abaisser et s'élever alternativement. Ordinairement le phénomène n'est pas moins facile à constater chez l'homme, lorsqu'une portion de la voûte du crâne a été détruite par une lésion traumatique ou autre.

De ces faits que l'on peut vérifier tous les jours, et de ces expériences répétées avec succès par beaucoup de physiologistes, quelle conséquence peut-on légitimement déduire? Celle-ci, et seulement celle-ci : toutes les fois que les parois du crâne présentent une solution de continuité primitive et naturelle, comme chez les jeunes enfants, ou accidentelle, comme dans les autres conditions dans lesquelles les observateurs se sont placés, le cerveau se meut incontestablement; ses mouvements peuvent être perçus par la vue et par le toucher.

Mais, lorsque le crâne est intact, qu'il est parvenu à son développement parfait, que toutes ses sutures se sont soudées, est-ce à dire pour cela que les mou-

(*) Cette conclusion vient d'être confirmée par une observation que JOBERT DE LAMBALLE a recueillie sur une personne atteinte d'une plaie pénétrante du rachis (au cou), avec issue du liquide céphalo-rachidien. (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, séance du 11 juillet 1859.)

(**) La compression de l'extrémité céphalique de l'artère vertébrale, par suite de la flexion angulaire de la tête sur l'atlas, serait la principale cause de ces derniers effets, d'après SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, Lahr, 1859, p. 110), avec qui je fis autrefois la plupart des précédentes expériences.

vements du cerveau existent, bien qu'il soit alors impossible d'en constater directement l'existence? Non assurément, et c'est une tout autre question qu'il s'agit d'examiner.

Recherchons donc en premier lieu si, lorsque la boîte du crâne est intacte, les mouvements du cerveau sont possibles, quels que soient d'ailleurs la nature et le rhythme de ces mouvements. Remarquons d'abord que les os du crâne, considérés chez l'adulte, circonscrivent une cavité dont les diamètres sont invariables; rappelons que la dure-mère adhère intimement à ces os, si ce n'est dans quelques points fort peu nombreux; ajoutons enfin que l'intervalle qui sépare cette membrane de la surface du cerveau est occupé par l'arachnoïde, la pie-mère, le liquide céphalo-rachidien, les artères et les veines encéphaliques, et aussi par le sang qui remplit ces vaisseaux et les divers sinus.

Ceci posé, il est évident que, pour que le cerveau puisse se mouvoir dans cette cavité, il faut le concours des deux circonstances suivantes : il est d'abord indispensable qu'un vide se fasse entre la dure-mère et la surface extérieure de la masse encéphalique; il faut ensuite, de toute nécessité, qu'une force motrice quelconque agisse au moment où ce vide se produit.

Or peut-il se faire un vide entre la dure-mère et le cerveau? Tel est le premier point que nous avons à discuter. De l'aveu de tous les physiologistes, et ce principe est d'ailleurs incontestable, ce vide ne pourrait avoir lieu qu'au moment de l'inspiration. Plusieurs circonstances, en effet, tendent alors à le produire. En premier lieu, le sang veineux qui remplit la cavité des sinus est aspiré dans la poitrine; il descend des sinus dans les jugulaires, des jugulaires dans la veine cave supérieure, de celle-ci dans l'oreillette droite : c'est un fait qui a été mis hors de doute par les expériences de Lorry, Haller, Lamure, Isid. Bourdon, etc. En second lieu, la circulation artérielle est ralentie au moment de l'inspiration, et ce ralentissement est très appréciable pour les carotides, ce qu'on explique par la direction verticale et ascendante que suit le sang de ces vaisseaux. Enfin, comme nous l'avons déjà dit (1), le liquide céphalo-rachidien qui baigne les masses encéphaliques reflue alors dans le grand réservoir sous-arachnoïdien du rachis.

Il semble au premier abord que, par le fait seul de ces causes réunies, il doive se faire un vide entre la dure-mère et la circonférence du cerveau, puisque les sinus et les artères contiennent moins de sang et que l'espace sous-arachnoïdien contient moins de liquide. Il faut encore noter qu'au moment de l'inspiration, par suite du même mécanisme, les veines du cerveau se vident en partie du sang dont elles étaient pleines, que les artères de cet organe lui apportent, dans un temps donné, une quantité de sang moins considérable qu'au moment de l'expiration, et que, par conséquent, la proportion des liquides qui entrent dans la composition du cerveau lui-même diminue. Examinons si les choses se passent réellement ainsi.

Faisons d'abord la part aussi large que possible à l'influence de l'inspiration sur le sang veineux des sinus. On sait que le volume de ces canaux ne varie pas sensiblement dans leur état de plénitude et dans leur état de vacuité, que leurs parois restent toujours écartées l'une de l'autre : c'est sur ce fait d'observation que repose toute la théorie des mouvements du liquide céphalo-rachidien. Ainsi le volume des sinus ne diminue pas d'une manière appréciable.

(1) Voy. *Mouvements du liquide céphalo-rachidien*, p. 333.

Le volume des artères diminue-t-il, par le fait du ralentissement de la circulation artérielle au moment de l'inspiration? Les expériences de Parry (1) prouvent le contraire; jamais cet observateur n'a pu constater de changements sensibles dans le volume des artères et dans la quantité de sang que ces vaisseaux contiennent; d'autres physiologistes, Weitbrecht, Lamure, Bichat, étaient déjà arrivés à la même conclusion. Au moment de la diastole ventriculaire ou lors de l'inspiration, la vitesse dont le sang artériel est animé diminue; voilà toute la différence.

A la vérité, quelques autres observateurs, et parmi eux Gerdy (2) et Flourens (3), etc., ont admis une dilatation des artères isochrone à la systole du cœur, une contraction de ces mêmes vaisseaux isochrone à la diastole; mais ces changements sont si peu considérables, qu'il est impossible de leur accorder une importance réelle dans la question qui nous occupe.

Reste donc à apprécier quelle influence peut avoir le reflux du liquide céphalo-rachidien. Nous avons déjà noté que les expériences sur les animaux et les observations faites sur des malades affectés de spina-bifida donnent une idée exagérée des mouvements de ce liquide. Et d'ailleurs, ce n'est pas le liquide extra-cérébral qui reflue surtout dans le canal rachidien, c'est le liquide ventriculaire : en effet, nous avons fait remarquer, plus haut, que les divers replis de la dure-mère limitent singulièrement les mouvements du liquide sous-arachnoïdien du crâne. Ainsi la quantité du liquide qui baigne la surface externe du cerveau ne diminue pas sensiblement.

Or, s'il n'y a pas de diminution véritablement appréciable, au moment de l'inspiration, dans le volume des sinus et des artères, ni même dans la quantité du liquide sous-arachnoïdien, il est évident que la capacité relative du contenant ne varie pas. Voyons maintenant si le volume du cerveau, c'est-à-dire du contenu, diminue réellement.

Lors de l'inspiration, la circulation veineuse est accélérée, la circulation artérielle est ralentie; il s'ensuit, comme nous l'avons déjà dit, que le cerveau contient en ce moment une moins grande quantité de sang, puisque, dans un temps donné, il reçoit moins de sang artériel et qu'il perd plus de sang veineux. De ce double phénomène on peut tirer deux conséquences fort distinctes : le cerveau diminue de masse ou de volume. Si c'est le volume qui diminue, il se fait nécessairement un vide dans la boîte crânienne; si c'est la masse, il ne s'en fait pas. Or on a voulu prouver que le cerveau descend, lors de l'inspiration, au-dessous de la limite que lui assignent les os du crâne : c'est dans ce but qu'ont été entreprises les expériences de Ravina, et que différents faits pathologiques ont été invoqués.

Ravina (4) commence par perforer le crâne d'un chien, puis il provoque une forte inspiration, et peut alors introduire un tuyau de plume entre la dure-mère et le cerveau. Dans une autre expérience, il place sur le cerveau mis à nu un cylindre de liége, et observe que ce cylindre s'abaisse d'une ligne dans une inspiration ordinaire; de trois, dans une inspiration plus énergique. Enfin, sur un autre chien, Ravina perfore le crâne et fait entrer à frottement, dans la perforation, un tube de verre gradué et rempli d'eau : le liquide disparaît pendant l'inspiration, revient sanguinolent pendant l'expiration, puis finit par disparaître totale-

(1) *An Experim. Inquiry into the Nature of the Arter. Pulse.* London, 1816.
(2) GERDY, art. CIRCULATION, *Dict. de méd.*, ann. 1834, t. VIII, p. 46.
(3) *Recherches expérimentales sur le système nerveux.* Paris, 1842, p. 368.
(4) *Specimen de motu cerebri* (*Mém. de l'Acad. de Turin pour* 1811 *et* 1812, Turin, 1813, p. 61, à la fin du volume).

ment. De tous ces faits l'auteur conclut que, pendant l'inspiration, un vide se produit entre le cerveau et le crâne, que ce vide est comblé par le cerveau lui-même lors de l'expiration.

Cette conclusion, légitime au premier coup d'œil, nous semble néanmoins tout à fait erronée. Ravina n'a tenu compte, dans aucune de ses expériences, de la pression atmosphérique, et tous les résultats obtenus par lui peuvent facilement s'expliquer par l'intervention de cette pression.

Il est juste pourtant de dire qu'il a senti la portée de cette objection, puisqu'il a voulu la détruire par l'expérience suivante. Une couronne de trépan ayant été appliquée sur le crâne d'un chien, Ravina introduit dans l'ouverture un cylindre de bois qui la ferme exactement. Ce cylindre est creux et renferme un petit morceau de liége qui joue facilement dans son intérieur. Le cylindre creux est ouvert inférieurement; supérieurement, il est fermé par un taffetas imperméable. Cet appareil étant placé, on vit le petit morceau de liége venir frapper l'opercule toutes les fois que l'animal faisait une expiration, descendre lorsqu'il faisait une inspiration (1).

Cette expérience est encore défectueuse. Ravina supprime la résistance des parois du crâne, et ne la remplace par rien : l'animal est donc placé dans les mêmes circonstances que l'enfant dont les sutures ne sont pas soudées. Si les mouvements du cerveau se manifestent au niveau de l'ouverture, c'est par la même raison qu'un liquide s'écoule lorsqu'on perce le vase qui le contient; c'est une des conséquences du *principe d'égalité de pression*. Et d'ailleurs, cette expérience ne met pas à l'abri de la pression atmosphérique; l'appareil contient de l'air en équilibre avec l'air extérieur. S'il n'en était pas ainsi, lors de l'inspiration, au moment où, suivant Ravina, le cerveau s'abaisse, au moment où il se fait un vide entre cet organe et le crâne, l'opercule de taffetas serait crevé par la pression atmosphérique; c'est une expérience que connaissent tous les physiciens. S'il n'est pas crevé, c'est que l'appareil contient de l'air; si l'appareil contient de l'air, l'expérience est défectueuse, car cet air presse sur le cerveau, et cette pression explique l'affaissement de l'organe lors de l'inspiration.

Pour que des expériences de ce genre soient concluantes, il faut : 1° suppléer à la résistance de la boîte osseuse; 2° mettre le cerveau à l'abri de la pression atmosphérique : c'est ce qu'a fait Bourgougnon (2).

Voici de quelle manière a procédé cet expérimentateur, qui m'a rendu témoin des résultats qu'il a obtenus. L'appareil dont il s'est servi se compose d'un tube de verre terminé à sa partie inférieure par un ajutage d'acier, de forme conique, et dont le tour extérieur est creusé en pas de vis: à la partie moyenne du tube est placé un robinet; à la partie inférieure se trouve un levier coudé à angle droit, mobile autour d'un axe transversal, et qui peut exécuter facilement des mouvements latéraux de va-et-vient. La branche horizontale de ce levier, qui est très courte, porte une petite plaque qui déborde inférieurement le niveau de l'ajutage; la branche verticale ne remonte pas jusqu'à la hauteur du robinet.

Muni de ce petit appareil, Bourgougnon applique une couronne de trépan sur le crâne d'un chien; puis il visse son instrument dans l'ouverture qu'il a faite, et remplit d'eau le tube jusqu'aux deux tiers. Les résultats sont, du reste, les mêmes, que la petite plaque soit en contact avec les circonvolutions recouvertes par la dure-

(1) *Mém. cit.*, p. 68.
(2) *Dissert. inaugur.* Paris, 1839.

mère, par l'arachnoïde viscérale seule, ou que les circonvolutions aient été dépouillées de ces deux membranes. Or voici ces résultats. Tant que le robinet est ouvert, on peut observer des mouvements du liquide et des battements du levier en rapport avec les contractions du cœur ; on peut également constater que la colonne de liquide s'abaisse pendant l'inspiration, et qu'elle s'élève pendant l'expiration. Vient-on à fermer le robinet, à supprimer, par conséquent, la pression atmosphérique, et partant à substituer une colonne de liquide incompressible à une pièce d'os inextensible, ce qui revient absolument au même, on voit, lorsque toutes les précautions ont été bien prises, cette colonne liquide rester parfaitement immobile (1). Ceci prouve manifestement que le cerveau ne descend pas, dans l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne, lorsqu'on s'est mis à l'abri de la pression atmosphérique, pression qui n'agit pas, en effet, sur les cerveaux d'adultes.

Les expériences de Ravina sont donc défectueuses ; elles ne prouvent pas ce que cet auteur voulait leur faire prouver. Le même reproche peut être adressé à toutes celles dans lesquelles on n'a pas cherché à neutraliser l'influence de la pression atmosphérique.

Si, comme on vient de le voir, le cerveau ne descend pas, au moment de l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne, le volume de cet organe ne varie donc pas à ce moment ; et cependant il reçoit moins de sang artériel, il perd plus de sang veineux. Que se passe-t-il alors ? La masse seule du cerveau varie ; la proportion des parties liquides qu'il contient diminue.

Qu'il nous soit permis de résumer cette première partie de la discussion. Nous avons déjà vu que le volume du *contenant* (*) ne varie pas, et nous venons de voir que le volume de l'organe contenu ne varie pas davantage ; il est donc impossible qu'au moment de l'inspiration il se fasse un vide dans la cavité crânienne. S'il ne se fait pas de vide, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque ; car, si l'on excepte les mouvements de rotation autour d'un axe fixe, pour qu'un corps se meuve, il est indispensable, et ceci tombe sous le sens, qu'il existe d'abord un espace dans lequel il puisse se mouvoir.

Mais voici un autre résultat tout à fait inattendu auquel conduit l'examen de la question. Admettons pour un moment que, lors de l'inspiration, il se fasse un vide dans la boîte du crâne ; il est évident qu'il cessera d'exister au moment de l'expiration, puisque les causes qui le produisent auront cessé d'agir. Il faut donc que la force en vertu de laquelle le cerveau serait mis en mouvement agisse au moment de l'inspiration, c'est-à-dire tant que le vide existe. Eh bien ! tous les observateurs, de quelque manière qu'ils aient compris les mouvements du cerveau, qu'ils aient admis des mouvements de soulèvement en masse, de locomotion, ou bien des alternatives d'expansion et de retrait de l'organe, ont vu que le maximum d'élévation du cerveau correspondait à l'expiration. Il s'ensuivrait que la force motrice agirait sur cet organe à un moment où il n'existe point d'espace dans lequel il puisse se mouvoir. Il y a donc contradiction apparente entre les faits et les données du raisonnement : mais cette contradiction s'explique facilement.

En effet, admettons, pour un instant, que les parois du crâne soient molles et

(1) *Thèse citée*, p. 12 et suiv.

(*) Nous entendons désigner par ce mot, non-seulement la boîte osseuse, mais encore toutes les parties solides et liquides qui se trouvent entre le cerveau et les os du crâne.

élastiques. Au moment de l'expiration, le cerveau, devenant le siége d'un plus grand afflux de liquides, tend nécessairement à augmenter de volume : si les parois crâniennes étaient molles, comme les parois abdominales, par exemple, elles se dilateraient, et la capacité du crâne augmenterait dans la proportion de l'augmentation de volume du cerveau; puis, lorsque le cerveau diminuerait de volume au moment de l'inspiration, elles suivraient son mouvement de retrait, et la capacité du crâne diminuerait de toute la quantité dont elle s'était accrue au moment de l'expiration. Mais, tout au contraire, ces parois sont résistantes et inextensibles. Qu'en résulte-t-il? Lorsque le cerveau tend à augmenter de volume, elles s'opposent à son expansion et supportent une pression excentrique de la part de cet organe. Si l'expansion du cerveau est bornée, c'est uniquement parce que cette pression excentrique est moins énergique que la résistance des parois. Que l'on vienne à supprimer ou à diminuer suffisamment cette résistance, comme chez les animaux dont la paroi crânienne a été ouverte plus ou moins, que l'on se place dans le cas où elle manque partiellement, comme chez les enfants, l'expansion du cerveau n'est plus limitée, elle se fait librement; puis, à l'inspiration correspond une sorte de retrait de l'organe, et l'on observe alors un double mouvement alternatif du cerveau : bien plus, lorsque le crâne est en partie détruit, le cerveau tend à s'échapper au dehors, à déborder la solution de continuité ; de là les encéphalocèles.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter si ce double mouvement est isochrone aux mouvements respiratoires, à la diastole et à la systole ventriculaire, ou aux mouvements du thorax et aux contractions du cœur à la fois; nous examinerons cette question plus loin. Ce que nous avons voulu établir, c'est que, tant que la paroi du crâne est intacte, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque dans la cavité crânienne, et nous croyons avoir suffisamment démontré cette proposition.

Il se passe néanmoins dans le cerveau des modifications en rapport avec les deux temps de la respiration; mais ces modifications n'ont nullement trait au volume de l'organe. Au moment de l'inspiration, il y a raréfaction de la substance cérébrale, puisque celle-ci contient alors moins de liquides; au moment de l'expiration, il y a condensation de la même substance, et cela explique pourquoi, malgré la quantité variable de liquides qu'il renferme, le cerveau remplit toujours exactement la cavité du crâne.

De tout ce qui précède, *il résulte que, chez l'adulte, il n'existe pas de mouvements réels du cerveau*, et les arguments que nous avons fait valoir, appuyés sur les expériences de Bourgougnon, suffisent pour justifier cette conclusion (*).

La doctrine qui vient d'être établie n'est pas nouvelle dans la science : il est vrai

(*) Dans son excellent *Traité pratique d'anatomie médico-chirurgicale*, 2e édit. (Paris, 1860, p. 286 et suiv.), RICHET croit devoir rejeter la précédente conclusion. — « 1° Les centres nerveux encéphaliques, dit-il, et plus particulièrement les lobes cérébraux, quoique renfermés dans une boîte osseuse incompressible, sont cependant soumis, *chez les adultes comme chez les nouveau-nés*, à des alternatives d'expansion et de retrait qui correspondent aux contractions du cœur et aux mouvements respiratoires. — 2° Le liquide céphalo-rachidien, *par ses oscillations*, remplit l'office d'un régulateur des courants artériels et veineux intracrâniens, dont l'irrégularité aurait compromis les fonctions des organes cérébraux. — 3° Enfin le canal rachidien doit être regardé comme le tuyau d'échappement ou de dégagement au moyen duquel s'effectuent ces oscillations antagonistes du sang et du liquide céphalo-rachidien, sans lequel elles eussent été impossibles. »

Les considérations ingénieuses, sur lesquelles RICHET a appuyé ces conclusions ne nous ont pas paru de nature à modifier nos anciennes convictions.

que les physiologistes qui l'ont adoptée n'ont peut-être pas exposé, avec toute la rigueur désirable, les arguments sur lesquels ils étayaient leur opinion. Toujours est-il qu'après avoir traversé avec des fortunes diverses les temps qui nous ont précédés, elle a trouvé de nos jours d'ingénieux défenseurs. Il n'est donc pas sans intérêt de la suivre dans ses développements successifs, et d'examiner en même temps la marche des théories contraires.

Historique des mouvements du cerveau. — L'observation la moins attentive devait faire constater l'existence des fontanelles chez les enfants, et il est singulier de voir qu'Aristote, qui résume assez complétement les connaissances de son époque, ne fasse pas mention des battements dont la tête est le siége dans les premiers temps de la vie. Il est pourtant difficile de croire qu'ils aient échappé à l'attention de ses prédécesseurs et de ses contemporains. Aristote se contente de faire observer que, chez les enfants, les sutures sont écartées et qu'elles se soudent tardivement (1).

Pline l'ancien, dans son *Proœmium ad histor. natur.* (2), s'étendant en style passablement déclamatoire sur la débilité de l'homme à sa naissance, note, parmi les conditions défavorables au milieu desquelles il se trouve alors placé, les battements des fontanelles : « Quando homini incessus? quando vox?.... quamdiu pal- » pitans vertex summæ inter cuncta animalia imbecillitatis indicium? » Dans un autre passage, il attribue ce phénomène aux mouvements du cerveau : « Uni » homini cerebrum in infantia palpitat nec corroboratur ante primum sermonis » exordium (3). » Voilà qui est parfaitement exact et conforme à la réalité ; le cerveau se meut chez l'enfant ; l'observation directe n'en apprend pas davantage.

Galien, poussé peut-être par quelque besoin de théorie, est le premier qui nous parle des mouvements du cerveau chez l'adulte ; puis, sur cette hypothèse, il bâtit toute une doctrine physiologique. Entre la dure-mère et la surface du cerveau, il existe un espace vide que l'on démontre par l'insufflation à l'aide du chalumeau. C'est dans cet espace qu'ont lieu les mouvements du cerveau (4). Quant à cet organe lui-même, il est le siége d'un double mouvement : pendant l'inspiration, les ventricules se dilatent (5), aspirent l'air extérieur par les trous ethmoïdaux (6), et le cerveau s'élève dans la cavité crânienne ; puis, dans l'expiration, il se contracte, diminue de volume et s'abaisse ; l'air qui remplissait les ventricules est expulsé par les sutures du crâne, par les trous ethmoïdaux et par le canal des nerfs olfactifs (7).

Ainsi, pour Galien, les mouvements du cerveau sont produits par une expansion et une contraction alternative de cet organe ; le cerveau est l'analogue du poumon ; au poumon correspond la bouche, au cerveau correspondent les narines (8). Nous n'insisterons pas davantage sur cette singulière hypothèse, ni

(1) *Hist. animal.*, t. I, VII, c. X, in ARISTOTELIS *libri omnes ad cognitionem animal. attinent., cum* AVERRHOES *comment.* Venetiis, 1572.
(2) *Hist. naturalis.* Paris, 1762, *Proœmium.*
(3) *Hist. natur.*, l. XI, c. XXXVII.
(4) « Ὁ δ' ἐγκέφαλος ἐν τῷ διαστέλλεσθαί τε καὶ συστέλλεσθαι, προσέρχεταί τε καὶ ἀποχωρεῖ κατὰ τὴν μεταξὺ χώραν τὴν κενήν. » (*De admin. anatom.*, lib. IX, cap. II, in GALENI *op. omn.*, Lipsiæ, 1821, t. II, p. 717).
(5) *Loc. cit.*
(6) *De instrumento odoratus*, c. IV.
(7) *De usu partium*, lib. VIII, cap. VII.
(8) *De utilit. respirationis*, c. V.

sur les modifications que Galien fait subir à l'air extérieur, dans l'intérieur des ventricules, pour l'élaboration du principe vital et l'entretien de la chaleur animale (1); nous ferons seulement remarquer que, dans un article estimable d'ailleurs, publié dans le *Journal complément. du Dictionn. des sciences médicales* (2), on lui prête une opinion dont nous avons en vain cherché les traces dans la collection galénique : c'est que « le mouvement du cerveau est produit par l'air qui s'élève et s'abaisse dans le canal vertébral. » Dans les traités *De usu partium*, *De admin. anat.*, *De Hippocratis et Platonis decretis*, *De utilit. respirat.*, ainsi que dans le traité *De instrum. odoratus*, nous n'avons trouvé qu'une seule théorie ; c'est celle dont nous venons de rappeler les traits principaux.

Après Galien, vient son commentateur Oribase. Pour ce dernier, comme pour son devancier, les ventricules antérieurs président à l'inspiration et à l'expiration du cerveau (3) ; le cerveau se meut sous l'influence d'une propriété inhérente à la disposition de ses fibres (4).

Dans le passage ci-dessous mentionné (5), Oribase, en se servant du mot σφίγγειν, paraît indiquer que les ventricules se contractent dans l'inspiration : ce qui nous confirme dans cette opinion, c'est que bientôt il ajoute, en donnant les résultats de ses vivisections, que, pendant les cris de l'animal, le cerveau *s'élève et se boursoufle* (6). Il en résulte qu'Oribase aurait saisi, entre les mouvements du cerveau et les mouvements respiratoires, un rapport que Galien avait interverti, et que Schlichting crut découvrir plusieurs siècles après. Le passage suivant d'Oribase est encore digne d'intérêt : « Le mouvement isochrone aux mouvements respiratoires se perçoit facilement chez les enfants.... mais il en est un autre que l'on constate évidemment chez les animaux dont le crâne a été préalablement détruit ; on voit alors des pulsations du cerveau qui ont le même rhythme que les pulsations des artères et du cœur (7). »

Voilà donc deux principes importants qui se font jour à travers d'incontestables erreurs : les mouvements du cerveau sont dans la dépendance des mouvements respiratoires et dans la dépendance des contractions du cœur. Ces principes, nous les verrons développés par les physiologistes du siècle dernier ; mais, par une inconcevable fatalité, ils sont mis à l'écart presque jusqu'au temps de Haller : de leur oubli ou des préjugés des auteurs qui ont écrit jusqu'à cette époque, naissent des systèmes plus bizarres encore que celui de Galien. En effet, dans la science se glisse insensiblement une nouvelle doctrine d'après laquelle les mouvements qu'on observe dans l'intérieur du crâne ont leur siége dans les méninges. D'où provient-elle? Ce point est assez difficile à déterminer : Pacchioni (8) la fait remonter aux Arabes, sans donner à cet égard d'indications précises ; mais Lorry (9) la trouve déjà contenue dans une phrase de Rufus d'Éphèse, qui dit en

(1) On peut, du reste, consulter à ce sujet un résumé succinct qu'ORIBASE a donné de la doctrine de GALIEN, in ORIBASII *anatomica e Galeno*. Leyde, 1735, p. 78.

(2) *Journ. complément.*, t. XXV, p. 127.

(3) ORIBASII *anatomica e Galeno*. Texte grec avec traduct. latine. Leyde, 1735, p. 9 et 50.

(4) *Op. cit.*, p. 50.

(5) « Αὐτῷ κίνησιν ἡ φύσις ἔδωκεν σύμφυτον, ἐν μὲν ταῖς εἰσπνοαῖς ῥιπίζουσαν καὶ σφίγγουσαν, ἐν δὲ ταῖς ἐκπνοαῖς ἀποχέουσαν ἐνίοτε το φλεγματώδες, καὶ βλέννας, καὶ κορύζας. » (*Op. cit.*)

(6) *Op. cit.*

(7) *Op. cit.*, p. 50.

(8) *De duræ meningis fabrica et usu*. Romæ, 1701.

(9) *Premier mémoire sur les mouvements du cerveau et de la dure-mère* (*Mém. de physiq. et de mathém.*, présentés à l'Acad. des sciences, 1760, t. III, p. 277).

parlant de la dure-mère : « *movetur immoto cerebro* ». Quoi qu'il en soit, les mouvements de la dure-mère furent assez généralement admis pendant le moyen âge et les deux siècles qui suivirent la renaissance, bien que plusieurs anatomistes, et entre autres Bérenger de Carpi (1), se fussent élevés contre cette manière de voir. Quelques physiologistes, Fallope à leur tête (2), les attribuèrent aux pulsations des artères de la dure-mère; Vésale (3), aux pulsations des artères contenues dans l'épaisseur de la pie-mère; le plus grand nombre, avec Willis, Baglivi, Pacchioni, etc., leur assignèrent pour cause la contractilité propre aux fibres de la dure-mère.

Ce n'est pas à dire pour cela qu'il ne soit pas question des mouvements du cerveau dans le laps de temps qui sépare Oribase de Schlichting : on les trouve mentionnés dans Guy de Chauliac (4) et dans A. Paré (5). Vieussens, qui admet les mouvements de la dure-mère et qui les attribue à l'effet du sang contenu dans les artères et les sinus, pense que le cerveau lui-même se meut: « Intro foras necessario propelli, dum convexa cerebri pars intumescit, et foris intro inclinari dum » hæc detumescit (6). » Avant lui, Riolan (7) avait constaté les mouvements du cerveau sur des animaux trépanés et sur des malades dont le crâne avait été en partie détruit par des caries syphilitiques. Boerhaave ne put parvenir à les découvrir sur un mouton trépané : il est à croire néanmoins qu'il les admettait et qu'il avait même une idée du rapport qui les lie aux mouvements respiratoires; car, en parlant de la manière de relever les fragments dans les fractures du crâne avec enfoncement, il ajoute: « Juvat sternutatio et animæ retentio (8). »

Van Swieten a développé ce principe, et l'a justifié par des raisons théoriques. Comme son livre a été publié en 1742, il n'est pas probable qu'il ait eu connaissance des travaux de Schlichting, de Haller et de Lamure. Or, cette date n'est pas sans importance, car Van Swieten a parfaitement saisi le rôle des expirations brusques et exagérées, dans les mouvements d'élévation du cerveau : « Dum validissima expiratio fit, sanguis per pulmonem transire nequit; hinc sanguis venosus » a capite rediens impeditur quominus se libere in cor dextrum evacuet; unde » distenduntur omnia encephali vasa, simulque validissimo hoc concussu arteriosi » sanguinis augetur impetus; sicque a binis his concurrentibus causis satis valide » distenditur totius encephali moles (9). » Quant aux efforts soutenus, *animæ retentio*, leur mode d'action est sensiblement le même. — Je ne sache pas que l'on ait encore signalé ce passage de Van Swieten; et cependant, après l'avoir lu, on ne peut méconnaître que cet auteur n'ait fait faire un grand pas à la question, et que son nom ne puisse honorablement figurer à côté de ceux qui seront cités par la suite.

Nous voici parvenus à la première moitié du XVIIIe siècle : l'isochronisme, que Galien et Oribase avaient entrevu entre les mouvements du cerveau et les

(1) LORRY, *Mém. cité.*
(2) *Observ. anatom.* in *Op. omn.*, Francfort, 1600, p. 401.
(3) *Loc. cit.*
(4) Cit. de HALLER, dans *Elem. physiol.*, t. IV, p. 173.
(5) *Œuvres complètes*. Paris, 1841, édit. de Malgaigne, t. II, p. 67.
(6) *Nervologia universalis*, p. 14.
(7) *Anthropographia*. Paris, 1626, p. 654.
(8) VAN SWIETEN, *Commentaria in Boerhaavii Aphorismos*. Paris, 1769, t. I, p. 401.
(9) *Op. cit.*, p. 403.

mouvements respiratoires, éveille presque en même temps l'attention de Schlichting (1), de Haller (2), de Lamure (3) et de Lorry (4).

Schlichting, dont les travaux remontent à 1750, commence par établir que les mouvements du cerveau, chez les enfants et les animaux trépanés, ne dépendent pas de la dure-mère, puisqu'ils subsistent après l'ablation de cette membrane. Ce fait établit une démarcation bien tranchée entre les théories qui régnaient au XVIIe siècle et celles qui se sont succédé jusqu'à nous : c'est un retour vers les traditions de l'antiquité. La dure-mère ne se meut pas ; lorsqu'on la voit s'abaisser et se relever sur un animal trépané, c'est qu'elle obéit à la pression atmosphérique dans un cas, et que, dans l'autre, elle est soulevée par le cerveau (5). Voilà assurément une réflexion judicieuse ; mais pourquoi Schlichting n'applique-t-il pas aux mouvements du cerveau le raisonnement qu'il applique aux mouvements des méninges? Il n'a vu qu'une partie de la vérité.

La dure-mère est donc immobile et reste toujours adhérente au crâne. Il se fait un vide entre elle et le cerveau lors de l'inspiration; ce vide est comblé par le cerveau lors de l'expiration (6) ; en effet, les mouvements de cet organe, que l'on observe sur les animaux trépanés, sont isochrones aux mouvements respiratoires : « Animadverti perspicue in omni expiratione cerebrum universum ascendere, id » est intumescere; atque in quavis inspiratione illud descendere, id est, detumes- » cere (7). » A quelle cause faut-il rapporter ce synchronisme? quel est le principe des mouvements du cerveau? Ici s'arrête l'esprit peu audacieux de Schlichting; il constate le phénomène, mais il se donne garde de l'expliquer, et traite même assez durement ceux qui tenteraient de le faire (8).

Au reste, les vivisections lui prouvèrent qu'il existe en outre, dans le cerveau, des mouvements qui ne sont pas isochrones à ceux de la respiration. Les mouvements précédents apparaissent surtout dans les convulsions; quant à la question de savoir s'ils ont le même rhythme que les contractions du cœur, Schlichting ne la résout pas; il penche néanmoins pour l'affirmative (9), et pense que ces mouvements particuliers dépendent des contractions rhythmiques des fibres cérébrales, ainsi que de la déplétion et de la turgescence alternatives des capillaires cérébraux (10).

Schlichting laisse donc la question à peu près au point où l'avait laissée Oribase; ses conclusions sont peut-être même moins nettes que celles de l'auteur grec.

Les travaux de Haller et de Lamure présentent, au contraire, quelques vues importantes et tout à fait nouvelles.

Haller admet un double mouvement dans le cerveau : l'un est isochrone aux mouvements respiratoires, c'est celui qu'a décrit Schlichting avec le plus d'exactitude ; l'autre est isochrone aux contractions du cœur. Quant au mécanisme du

(1) *De motu cerebri*, *Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.* (Paris, 1750, t. I, p. 113).
(2) *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal.* Lausanne, 1756, t. I, p. 158 et suiv. — *Elementa physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 171 et seq.
(3) *Mém. sur la cause des mouvements du cerveau qui paraissent dans l'homme et les animaux trépanés* (*Hist. de l'Acad. des sciences*, Paris, 1749, p. 541).
(4) *Mém. cité.*
(5) *Mém. cité*, p. 116.
(6) *Ibid.*, p. 115.
(7) *Ibid.*, p. 114.
(8) *Ibid.*, p. 117.
(9) *Ibid.*, p. 121.
(10) *Ibid.*, p. 123 et 124.

premier, il est facile à saisir (1) : pendant l'inspiration, il se fait un vide dans le thorax, le sang veineux afflue de toutes parts dans cette cavité, et le cerveau s'abaisse par suite de la déplétion des sinus et des veines jugulaires; dans l'expiration, il y a des phénomènes inverses, c'est-à-dire reflux du sang dans les jugulaires et les sinus, soulèvement du cerveau. Haller admet donc que les mouvements du cerveau sont des mouvements de locomotion; mais il ajoute avec sa sagacité ordinaire, et ce passage est du plus grand intérêt : « Ipsum phænomenon in vivo animale, et cra-» nium habente integrum, non quidem potest eo usque progredi ut vere cerebrum » moveatur. Non tamen dubium est quin sanguis venosus in venas capitis et cerebri » magis possit colligi, venosum systema distendi, atque ideo id omne comprimi, » quod inter venas tumidas intercedit (2). » C'est une opinion que nous partageons de tout point.

Lamure est d'accord sur les faits avec Haller, bien qu'il n'insiste pas suffisamment sur l'influence de la circulation artérielle : quant à leur explication, il pense que, dans le mouvement d'élévation du cerveau, il y a non-seulement soulèvement du cerveau, mais aussi turgescence de cet organe, par suite de la turgescence même des vaisseaux renfermés dans son intérieur. C'est, comme on le voit, une théorie éclectique dont les éléments se retrouvent dans celles de Haller et de Schlichting.

Le principal mérite de Lamure se fonde sur la variété des expériences qu'il a entreprises. Suivant lui, la ligature des carotides fait disparaître les mouvements du cerveau; ils reparaissent lorsque les ligatures ont été enlevées (3). D'après le même auteur, la ligature des jugulaires et la section des veines vertébrales ne font pas cesser les mouvements du cerveau (4); fait singulier, que Flourens a expliqué par l'existence de communications entre les sinus de la dure-mère et les veines intra-rachidiennes. Enfin c'est Lamure qui le premier a vu que, sur des cadavres d'animaux, on rétablissait les mouvements du cerveau en pratiquant la respiration artificielle (5), et que l'on ne pouvait au contraire les rétablir quand la veine cave supérieure avait été coupée (6).

La question paraissait décidée, lorsque Lorry la remit de nouveau en doute, tout en prétendant lui donner une solution définitive.

Les expériences qu'il tente sur des animaux trépanés lui donnent d'abord des résultats contradictoires : sur quelques animaux, il n'observe aucune espèce de mouvements du cerveau, ce qui était déjà arrivé à Volcher-Coiter (7); il est plus heureux en choisissant pour ses vivisections de jeunes chats et de jeunes lapins (8), et il arrive dès lors aux mêmes résultats que Haller (9). Toutefois il n'admet pas que ces mouvements soient constants chez les animaux trépanés, et il se demande s'ils existent chez l'homme dont le crâne est intact. Voici quelles sont ses conclusions à cet égard (10) : La boîte du crâne est entièrement pleine, il est donc impossible que le cerveau puisse se mouvoir; celui-ci ne se meut que lorsque la résis-

(1) HALLER, *Elem. physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 172.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Mém. cité*, p. 543 et 545. — Le mémoire de LAMURE date du 12 août 1752.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Mém. cité*, p. 544 et 546.
(6) *Ibid.*, p. 551.
(7) *Mém. cité*, p. 299.
(8) *Ibid.*, p. 300, 301 et 302.
(9) *Mém. cité*, p. 304.
(10) *Mém cité*, p. 312 et 313.

tance des parois a été détruite, et encore faut-il que la force agissant sur lui soit plus énergique que dans l'état normal, ce qui arrive lors des mouvements exagérés des muscles respirateurs et de l'accélération des contractions du cœur.

Nous avons parlé assez longuement des travaux de Haller, Lamure et Lorry, parce que, si l'on met de côté les expériences de Dorigny, ils contiennent en définitive tout ce que l'on a écrit, depuis, sur les mouvements du cerveau.

On voit que, pour Haller, les mouvements du cerveau sont fort contestables chez l'homme, dans l'état normal; que, pour Lorry, ils n'existent pas. Il est presque à regretter qu'on ne s'en soit pas tenu à cette solution, et que l'on se soit surtout attaché aux détails, en négligeant le fond de la question. Sans doute il est curieux de rechercher pourquoi le cerveau se meut chez les animaux trépanés; mais il est, suivant nous, bien plus important de savoir si ces mouvements préexistent à la trépanation.

Quoi qu'il en soit, à partir de cette époque, les physiologistes se sont partagés en deux camps. Parmi ceux qui ont nié les mouvements du cerveau lors de l'intégrité des parois du crâne, nous citerons Deschamps, qui reproduit les idées de Haller et de Lorry en leur donnant plus de développement, Pelletan (1), et enfin Bourgougnon; mais nous ne reviendrons pas sur ces travaux qui déjà ont été examinés. Les physiologistes du camp opposé ont admis ces mouvements; les uns implicitement, en ne disant pas qu'ils n'existent point dans l'état normal; les autres, et parmi eux Ravina (2), se sont efforcés d'en démontrer l'existence : ce sont encore des expériences et des raisonnements dont nous avons eu occasion d'apprécier la valeur.

Quant aux explications du phénomène, elles n'ont pas été non plus sans subir quelques variations dans cette période. Suivant Richerand (3), les mouvements du cerveau sont uniquement sous la dépendance des contractions du cœur; ils sont produits par la systole et la diastole des artères de l'encéphale. Flourens a réfuté cette erreur (4). Voici, du reste, les conclusions auxquelles l'ont conduit ses expériences. Les mouvements du cerveau répondent aux mouvements de la respiration; le cerveau s'élève pendant l'expiration, il s'abaisse pendant l'inspiration. Ces mouvements ne sont pas la conséquence d'un soulèvement et d'un abaissement du cerveau, mais bien d'une expansion et d'un retrait alternatifs de cet organe. (Notons, en passant, que cette opinion est celle de Schlichting, et qu'avant lui on la trouve indiquée dans Oribase.) L'expansion du cerveau correspond à l'expiration; elle est produite par la dilatation des artères cérébrales, point sur lequel Flourens n'est pas d'accord avec Parry, et surtout par le reflux du sang veineux : ce n'est pas que le reflux s'étende de l'oreillette droite jusqu'aux veines encéphaliques, mais il détermine la stase momentanée du sang dans ces vaisseaux. Le retrait ou, si l'on veut, l'abaissement du cerveau, correspond à l'inspiration. Ici trouve sa place un point de vue nouveau sur lequel Flourens a particulièrement insisté : le sang veineux, qui, pendant l'expiration, reflue dans le cerveau et le gonfle, ne vient pas seulement des veines jugulaires et vertébrales, il vient aussi des sinus vertébraux; et de même, au moment de l'inspiration, le sang veineux encéphalique est aspiré en partie par l'intermédiaire de ces mêmes sinus. Les expé-

(1) *Traité de physique*, t. I, p. 443.
(2) *Op. cit.*
(3) *Nouv. élém. de physiol.* Paris, 1833, t. II, p. 373.
(4) *Recherches expériment. sur le système nerveux.* Paris, 1842, p. 340.

riences, sur lesquelles Flourens se fonde (1), ont été faites sur des lapins. Elles sont d'ailleurs applicables à l'homme, car, chez ce dernier, les sinus vertébraux communiquent avec les sinus crâniens, comme l'ont démontré les travaux de Dupuytren, de Breschet et de J. Cloquet sur les veines du rachis.

Magendie (2) a proposé une petite modification à la théorie de Haller : il a avancé que, dans les mouvements d'élévation du cerveau, la circulation artérielle ajoutait son effet à l'action du reflux veineux, en ce sens que, par suite de la réplétion des artères, les veines se trouvent elles-mêmes distendues.

Quant aux expériences de Dorigny, qui tendraient à placer les mouvements du cerveau sous l'action directe de la force nerveuse, et non sous l'influence de la respiration et de la circulation, nous ne nous y arrêterons point, notre tâche devant se borner à n'interpréter que les phénomènes réellement appréciables du système nerveux.

Résumé sur les mouvements du cerveau. — 1° Le cerveau ne se meut pas, chez l'adulte, tant que le crâne est intact ; il augmente de *masse* dans l'expiration, il diminue de *masse* dans l'inspiration ; mais son volume ne varie jamais.

2° Il se meut, chez les enfants, tant que les sutures du crâne ne sont pas soudées ; il se meut également lorsque les parois du crâne ont été détruites dans une plus ou moins grande étendue, par des causes pathologiques ou des opérations.

3° Dans tous les cas, ces mouvements sont dus à des alternatives de turgescence et de déplétion des vaisseaux du cerveau, et non à une locomotion de cet organe ; la locomotion du cerveau est impossible.

4° Ces mouvements sont de deux sortes : les uns correspondent aux contractions du cœur ; les autres, aux mouvements de la respiration.

5° La turgescence ou élévation du cerveau correspond à l'expiration ; elle est produite par la stase du sang veineux dans les veines encéphaliques et par l'affluence plus considérable du sang artériel. L'abaissement du cerveau correspond à l'inspiration ; il est produit par l'afflux du sang veineux encéphalique vers les organes thoraciques, et par le ralentissement concomitant de la circulation cérébrale artérielle.

B. — Mouvements de la moelle épinière ?

Vieussens (3) est le premier qui ait appelé l'attention des observateurs sur ce point de la physiologie de l'axe cérébro-spinal. Ce n'est pas qu'il ait constaté directement les mouvements de la moelle épinière elle-même : bien loin de là, il ne cite pas un seul fait, il ne discute pas même la possibilité de ces mouvements ; toute sa théorie repose sur les mouvements hypothétiques de la dure-mère spinale, et n'est, après tout, qu'une déduction des idées de Fallope relatives aux mouvements de la dure-mère crânienne. Voici quel est le raisonnement de Vieussens : Il n'est pas douteux que la seconde enveloppe de la moelle (la dure-mère) ne soit le siége de battements ; en effet, la dure-mère crânienne n'adhère que très faiblement ou n'adhère même pas aux os du crâne ; elle n'embrasse pas étroitement le cerveau, elle est parcourue par un grand nombre de petites artères qui, par suite de leur

(1) *Ouvr. cit.*, p. 360.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 132.
(3) *Nevrologia universalis.* Lyon, 1685.

systole et de leur diastole alternatives, lui impriment un véritable mouvement : or, la dure-mère spinale est précisément dans les mêmes conditions, elle n'adhère pas aux parois du canal vertébral, n'est pas en contact immédiat avec la moelle, elle est de plus parcourue par de nombreuses artérioles; on peut donc admettre que le sang, qui se meut continuellement dans ces vaisseaux, lui imprime aussi une sorte de mouvement.

Comme on peut le voir, cette argumentation, qui n'est rien moins que concluante, est d'ailleurs basée sur quelques erreurs anatomiques et physiologiques. Elle ne devait pas néanmoins rester stérile entre les mains de Vieussens, et les prétendus mouvements de la dure-mère spinale eurent aussi leur application; c'est là surtout que l'on retrouve l'influence des systèmes régnant à cette époque : « Sanguinis spi-» nalem medullam irrigantis calidos halitus aliquandiu cohibet (secundum medullæ » spinalis involucrum) simulque impellit, ne frigus externum, quod spiritui ani-» mali et nervis maxime inimicum habetur, ad ipsam perveniat..., denique in » cineres spinalis medullæ substantia spiritus animalis fluxui, per vim motus sui, » quamdam addit velocitatem, eumque spinales protrudit in nervos (1)... » Vieussens n'a donc mis en circulation qu'une hypothèse plus ou moins ingénieuse, et encore n'a-t-elle trait qu'aux mouvements de la dure-mère rachidienne et nullement aux mouvements de la moelle. Il ressort même de la théorie de Vieussens que cet auteur regarde la moelle comme immobile.

Schlichting, dans un passage du mémoire que nous avons déjà cité (2), semble regarder les mouvements de la moelle comme indispensables ; mais il n'émet à ce sujet qu'une simple conjecture.

Ce sont également des conjectures que l'on rencontre dans Haller et dans Stähelinus : nous avons déjà eu occasion de les indiquer.

Burg (3) et Richard (4) paraissent être les premiers qui aient prétendu avoir constaté les mouvements de la moelle épinière : leurs observations ont été faites sur des enfants affectés de spina-bifida lombaire. Dans le cas rapporté par Burg, la tumeur augmentait de volume pendant les efforts de la défécation. Chez le malade de Richard, « elle semblait se renfler un peu pendant l'inspiration, qui était gênée, et s'affaisser pendant le temps de l'expiration. » Notons en passant que ces deux faits n'ont pas de valeur réelle dans la question qui nous occupe. Les phénomènes observés par Burg s'expliquent très bien par la présence du liquide céphalo-rachidien ; quant à ceux que rapporte Richard, ils sont en opposition tellement directe avec ce que tout le monde peut voir, qu'il faut évidemment n'en tenir aucun compte.

Ce fut aussi un cas de spina-bifida qui éveilla l'attention de Portal. La tumeur était située à peu de distance du crâne ; elle se gonflait manifestement lorsque le malade faisait une expiration, et le gonflement était d'autant plus sensible que l'expiration était plus violente (5). A l'autopsie, on trouva un canal occupant le centre de la moelle et communiquant avec le quatrième ventricule; ces cavités étaient pleines de liquide.

Portal fut ainsi conduit à ouvrir le canal vertébral chez des chiens et des chats,

(1) *Op. cit.*
(2) *Mém. cité*, p. 124.
(3) *Ephem. nat. cur.*, dec. II, obs. 58, p. 141.
(4) *Journ. de méd.*, 1768, t. XXIX, p. 140.
(5) *Cours d'anat. médic.* Paris, 1804, t. IV, p. 66.

et il crut voir que la moelle était agitée d'un double mouvement, qu'elle s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle se gonflait lors de l'expiration (1).

Mais, selon Portal, ces mouvements n'ont lieu qu'à la partie supérieure de la moelle ; jamais on ne peut les constater à la partie inférieure de cet organe, ni chez les animaux, ni chez les enfants atteints de spina-bifida lombaire. Cette dernière assertion n'est pas exacte : dans les spina-bifida lombaires, on observe des mouvements isochrones aux mouvements respiratoires ; il est vrai qu'il n'est pas prouvé le moins du monde qu'ils soient produits par la moelle elle-même.

Ce qui d'ailleurs paraît assez singulier, c'est que Portal, qui n'admet pas les mouvements du cerveau dans l'état normal, pense que les mouvements de la moelle sont la conséquence obligée de l'immobilité du cerveau. Il croit qu'au moment de l'expiration, le sang qui gorge les sinus crâniens reflue dans les veines du rachis, et que la moelle est alors soulevée en même temps qu'elle est distendue (2) ; mais cet observateur ne songe pas qu'au moment de l'expiration, les veines du rachis sont tout aussi gorgées de sang que les sinus crâniens, et que le reflux dont il parle est alors impossible.

Magendie (3) partit d'un tout autre point de vue : le cerveau se meut sous l'influence des actes respiratoires ; il doit en être de même pour la moelle. Le principe posé, Magendie ouvrit le canal vertébral d'abord sur un lapin, au niveau de la huitième ou neuvième vertèbre dorsale, puis sur un chien, vers la partie moyenne du dos ; *la dure-mère fut laissée intacte.* Il fut alors facile de voir que cette membrane s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle était soulevée pendant l'expiration.

Mais ce sont encore là des phénomènes qui, toute autre objection étant écartée pour le moment, peuvent être attribués aux oscillations du liquide céphalo-rachidien. Il faut nécessairement éliminer cet élément du problème. Nous trouvons, du reste, d'autres expériences du même physiologiste dans lesquelles cette cause d'erreur a été mise de côté. « Je fendis la dure-mère, dit Magendie (4), dans toute l'étendue de l'ouverture faite au canal rachidien, et je pus aisément me convaincre que le mouvement avait lieu par le gonflement de la moelle elle-même. Cependant je ne voudrais pas assurer qu'il n'existe pas un léger soulèvement de l'organe, produit par la dilatation des grosses veines qui règnent dans toute la longueur et à la partie antérieure et latérale du canal des vertèbres.... » Toutefois, Magendie avoue que ces mouvements sont tantôt apparents, tantôt à peine visibles, et que d'autres fois il est absolument impossible de les apercevoir.

Enfin, des expériences de Cruveilhier (5) il résulte que « le liquide cérébro-spinal une fois évacué, la moelle épinière ne présente aucune espèce de locomotion. » La moelle est à la vérité susceptible d'allongement et de rétraction : elle s'allonge dans la flexion et revient sur elle-même dans l'extension de la colonne vertébrale ; mais il est évident que, dans ce cas, c'est une propriété de tissu qui est mise en jeu, l'élasticité.

Il résulte de ce qui précède que les mouvements de la moelle épinière sont loin d'être démontrés, et que les observateurs sont en désaccord à ce sujet. Disons

(1) *Loc. cit.*
(2) *Op. cit.*, p. 67.
(3) *Journal de physiol. expériment.*, 1821, t. I, p. 200.
(4) *Rec. cit.*, p. 202.
(5) *Anatom. descript.* Paris, 1845, t. IV, p. 208.

d'abord que les faits de spina-bifida ne prouvent rien, et qu'il en est de même des expériences dans lesquelles on n'a pas incisé la dure-mère. Restent donc celles dans lesquelles la moelle a été mise à nu : or, suivant Magendie, les mouvements de la moelle n'existent pas constamment; selon Cruveilhier, ils n'existent jamais. Pour adopter l'un ou l'autre sentiment, il m'importait donc d'avoir aussi recours à l'expérimentation.

Mes recherches sur les faisceaux de la moelle et sur les racines des nerfs rachidiens m'ont fourni l'occasion d'ouvrir un grand nombre de fois le canal vertébral sur des animaux vivants : je ne me rappelle pas avoir vu, dans un seul cas, des mouvements de la moelle épinière. Cependant, mon attention n'ayant pas alors été fixée d'une manière spéciale sur ce point de physiologie, j'ai dû exécuter d'autres expériences particulièrement dans le but de le vérifier.

Sur plusieurs chiens, j'ai ouvert le canal vertébral au niveau de la région dorsale, dans l'étendue de 5 centimètres environ; la dure-mère et l'arachnoïde ayant été incisées, la moelle m'a paru complétement immobile, bien que les animaux fissent des inspirations profondes. Puis, j'ai observé, sur d'autres, ce qui se passait au niveau de l'espace atloïdo-occipital : la dure-mère et l'arachnoïde ayant été également incisées, il fut facile de constater les mouvements du liquide céphalo-rachidien ; les battements des artères vertébrales étaient aussi très visibles ; mais, quant au bulbe rachidien lui-même, il restait constamment immobile, quelle que fût l'énergie des mouvements respiratoires.

Ces expériences répétées sur des lapins ont conduit au même résultat.

Dans ces cas, il est une circonstance à laquelle il faut avoir égard et qui pourrait induire en erreur : c'est que la moelle épinière suit tous les mouvements du rachis, qu'elle s'accommode à toutes les courbures que prend la colonne vertébrale ; mais elle conserve toujours à peu près les mêmes rapports, dans toutes les positions possibles, avec les parois du canal rachidien.

Or, si la moelle ne se meut pas quand le canal rachidien est ouvert, elle peut encore bien moins se mouvoir lorsqu'il est dans son intégrité. C'est une proposition qui nous paraît tellement évidente, que nous nous abstiendrons de la démontrer par l'analyse : la discussion se reproduirait d'ailleurs la même que pour les mouvements du cerveau, les mêmes éléments à peu près étant en présence dans les deux cas.

Nous ferons pourtant observer que la constitution de la moelle ne peut être la même au moment de l'expiration et au moment de l'inspiration, au moment de la systole et au moment de la diastole du cœur. Évidemment, dans un cas elle contient plus de parties liquides, dans l'autre elle en renferme une moins grande proportion ; mais elle ne change pas de volume, comme le démontrent l'expérimentation et le raisonnement ; elle change seulement de masse.

Ainsi : 1° La moelle épinière ne présente ni des mouvements de locomotion, ni des mouvements alternatifs d'expansion et de retrait ; elle est immobile et conserve toujours le même volume. 2° Ses vaisseaux propres contiennent plus de sang au moment de l'expiration qu'au moment de l'inspiration, de sorte que la masse de la moelle est plus considérable dans le premier cas que dans le second.

INFLUENCE DE LA CIRCULATION SUR LES FONCTIONS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

Si l'influence directe ou indirecte du système nerveux sur la circulation, sur la force et la rapidité des contractions du cœur, est un fait notoire, incontestable, il n'est pas moins manifeste que les fonctions de ce système, comme celles de tous les organes, sont aussi placées sous la dépendance de la circulation. Pour que les fonctions de l'encéphale s'accomplissent librement et complétement, il faut, avant toute chose, que cet organe reçoive une quantité suffisante de sang artériel et qu'aucun obstacle ne s'oppose au retour du sang veineux ; c'est là une de ces vérités tellement palpables, qu'il y aurait perte de temps à essayer de la démontrer. Ce n'est pas pourtant qu'on ne rencontre à cette règle d'apparentes exceptions : nous aurons occasion d'en signaler bientôt quelques-unes, et d'indiquer en même temps les circonstances qui font rentrer ces faits dans la loi générale.

Si la question, prise dans son ensemble, ne paraît pas offrir tout d'abord un intérêt spécial, il n'en est pas de même quand on la décompose et qu'on l'étudie dans ses détails. En jetant un coup d'œil sur le mode de distribution du sang artériel dans les diverses parties de l'encéphale, on voit que ce sang y est apporté à la fois par les deux artères carotides internes et les deux artères vertébrales. Il est vrai que ces vaisseaux se rendent, pour ainsi dire, dans un réservoir commun, le polygone artériel de Willis ; que les artères carotides internes communiquent l'une avec l'autre ; qu'elles communiquent également avec les deux vertébrales ; que, par conséquent, la circulation des carotides peut quelquefois suppléer la circulation des vertébrales, et réciproquement : mais il n'en est pas moins certain que toute la partie postérieure de l'encéphale (bulbe, cervelet, protubérance, tubercules quadrijumeaux) est soumise surtout à l'influence de la circulation des vertébrales ; tandis que sa partie antérieure (lobes cérébraux, couches optiques, corps striés) est plus spécialement dans la sphère d'action de la circulation carotidienne.

A défaut de l'anatomie qui justifie pleinement ces assertions, les faits pathologiques et les expériences seraient là pour les confirmer. Or, s'il en est ainsi, il n'est pas sans importance de rechercher quelles sont les modifications qui peuvent résulter, pour les fonctions de l'encéphale, de la suppression de la circulation des vertébrales ou de la circulation des carotides : les résultats ne sont pas les mêmes dans les deux cas, mais on peut déjà dire, *à priori*, qu'ils seront d'autant moins tranchés que les voies de communication seront plus libres et plus larges entre les précédents vaisseaux. Il est une autre circonstance de laquelle il faut tenir compte, c'est le temps qui a été nécessaire pour déterminer l'arrêt du cours du sang dans tel ou tel tronc artériel ; on sait en effet que, toutes choses égales d'ailleurs, la suspension brusque de la circulation occasionne des accidents plus graves que l'oblitération lente et progressive des artères, précisément parce que, dans ce dernier cas, les voies collatérales ont eu le temps de se dilater. A l'appui de cette dernière proposition, il suffit de rappeler que Baillie (1) a trouvé les deux carotides oblité-

(1) A. Cooper, *Recherches expérimentales sur la ligature des artères carotides et vertébrales, des nerfs pneumogastrique, phrénique et grand sympathique* (*Gazette médicale de Paris*, 1838, p. 100).

rées spontanément, sans que le malade, qui présentait cette double lésion, eût offert des symptômes cérébraux durant sa vie.

Suspension du cours du sang dans l'une des carotides. — On assure que la compression de la carotide primitive a été tentée un grand nombre de fois avec succès dans des cas d'accès épileptiques ou de congestion cérébrale. Non-seulement elle ne détermine point, dit-on, d'accidents cérébraux, mais elle peut heureusement modifier divers autres états pathologiques. Il serait donc permis de croire que, sous ce dernier rapport, cette compression a exercé une puissante influence sur les fonctions de l'encéphale.

Quant à la ligature de cette artère, elle a été très souvent pratiquée sur l'homme et sur les animaux. Chez le premier, elle a quelquefois été suivie, presque immédiatement, d'accidents mortels qui ne peuvent être attribués qu'à des lésions fonctionnelles du cerveau : une femme opérée du côté droit, par Key (1), tomba tout de suite dans une espèce de coma qui se termina par la mort. Des accidents analogues se montrèrent chez un homme opéré par Langenbeck (2) ; le malade mourut au bout de trente-quatre heures. Un malade opéré par Dupuytren mourut le sixième jour dans un état adynamique (3). Sur soixante-cinq cas rassemblés par Lenoir (4), trois fois la mort survint dans le délire et les convulsions.

La mort, par suite d'accidents cérébraux, est donc l'exception après la ligature de la carotide primitive : mais, à la suite de cette opération, on peut rencontrer un certain nombre d'accidents qui, sans être immédiatement mortels, n'en ont pas moins offert des circonstances intéressantes. Ainsi, quelques malades ont présenté un trouble plus ou moins prononcé et plus ou moins durable de la vue du côté correspondant à l'opération (5) : ce phénomène s'explique d'ailleurs suffisamment par le trouble de la circulation ophthalmique. Chez d'autres, on a constaté une hémiplégie siégeant, en général, du côté opposé à la ligature (6) ; chez un assez grand nombre d'opérés, l'intelligence a paru notablement affaiblie.

Quant aux lésions matérielles qui se sont rencontrées dans l'encéphale à la suite de cette opération, elles ont été rarement notées : dans deux cas de ligature de la carotide suivie d'hémiplégie, Vincent (7) et Sédillot (8) ont trouvé le lobe correspondant du cerveau ramolli et moins pénétré de sang que l'autre lobe.

Chez quelques malades, il y a eu syncope au moment de la constriction de l'artère ; chez d'autres, on a observé des quintes de toux assez prononcées (9), qu'on pourrait expliquer par l'excitation du nerf laryngé supérieur.

En résumant ce qui précède, on voit que la ligature de l'une des deux carotides peut déterminer la mort ; qu'elle a été suivie d'affaiblissement de l'intelligence, et quelquefois aussi de lésions du mouvement et de la sensibilité : ces dernières lésions ont pu être consécutives à des altérations de structure du cerveau, comme dans les cas rapportés par Vincent et par Sédillot. Quant aux troubles observés dans les

(1) *The London Med. Gazette*, July 1830. — Il est vrai que la carotide gauche était déjà à peu près oblitérée : je reviendrai sur ce cas.
(2) *Arch. génér. de méd.*, t. XIX, p. 118.
(3) SÉDILLOT, *Observ. de ligat. de la carotide* (*Gaz. méd.*, 1842, p. 567).
(4) Art. CAROTIDES, dans le *Dictionn. des études médicales*.
(5) P. BÉRARD, art. CAROTIDES du *Dictionn. de méd.*, ou *Répert. gén. des sc. méd.*, t. VI, p. 427.
(6) BÉRARD, *art. cité*. — LENOIR, *art. cité*. — SÉDILLOT, *observ. cit.*
(7) *The Lancet*, t. II, p. 570.
(8) *Observ. cit.*
(9) BÉRARD, *art. cité*.

phénomènes respiratoires, il est rationnel de les rapporter à la lésion du pneumogastrique.

Suspension du cours du sang dans les deux carotides. — La ligature des deux carotides a rarement été pratiquée sur l'homme. Nous avons déjà vu que l'oblitération de ces deux vaisseaux avait été suivie de la mort chez la malade de Key. Cependant Mussey (1) a lié, à douze jours d'intervalle, les deux carotides primitives, sans qu'il se soit manifesté d'accidents cérébraux. Le malade guérit.

Miller (2) a été conduit, par ses expériences, à déclarer que la ligature des deux carotides n'entraînait pas de conséquences fâcheuses chez les animaux. A. Cooper (3), après avoir lié les deux carotides sur des chiens, n'a observé autre chose que l'accélération momentanée des mouvements respiratoires et des contractions du cœur, due sans doute à l'excitation du tissu de la paire vague.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales. — Après la ligature des deux artères vertébrales sur un chien, A. Cooper (4) a noté les phénomènes suivants : à la suite de la première ligature, *dyspnée* qui s'accroît après l'application de la seconde ; à la dyspnée succède bientôt une accélération des mouvements du thorax et des contractions du cœur ; la sensibilité et les mouvements volontaires sont conservés, seulement le train antérieur est un peu affaibli.

L'animal succomba le septième jour aux suites d'un abcès profond du cou. On trouva à l'autopsie le polygone artériel de Willis plein de sang ; les artères du cervelet étaient également remplies de ce liquide.

Le même auteur paraît avoir constamment observé la dyspnée, dans plusieurs autres expériences où il a pratiqué soit la ligature, soit la compression des artères vertébrales.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales et dans les artères carotides. — Un fait assez singulier, c'est que la ligature de ces quatre artères n'amène pas *nécessairement* la mort : sur quelques animaux, on a pu constater les anastomoses qui suppléent les troncs principaux. Cependant, lorsque ces quatre opérations ont été pratiquées sur le lapin, l'animal a toujours succombé immédiatement ; le même effet a eu lieu lorsque après la ligature des carotides, on est venu à comprimer les vertébrales (5). — A. Cooper a bien voulu nous rendre témoin de ces résultats, lors de la visite que nous lui fîmes, à Londres, en 1836.

Mais, sur les chiens, on a pu constater des cas de guérison dans les mêmes circonstances : ainsi, sur un animal de cette espèce, A. Cooper lia le même jour les deux carotides et les deux vertébrales ; coma, stupeur, hémiplégie à droite, mouvements convulsifs. Trois jours après, l'animal est en voie de guérison ; il se rétablit parfaitement. Sur un autre chien, la ligature des deux vertébrales est pratiquée huit jours après la ligature des carotides ; affaiblissement du train antérieur. Le lendemain de la dernière opération, guérison. Enfin, sur un troisième chien, les vertébrales sont liées neuf jours après la ligature des carotides ; alors on constate

(1) *The American Journ. of the Med. Sc.*, février 1830. — *Arch. génér. de méd.*, t. XXII, p. 553.
(2) *Mém. sur la ligat. des artères carotides* (*Gaz. méd.*, 1843, p. 107).
(3) *Mém. cité.*
(4) *Ibid.*
(5) A. Cooper, *Mém. cité.*

qu'elles sont déjà dilatées, et néanmoins, au moment où les fils sont serrés, la respiration se suspend, l'animal meurt (1).

Les données fournies par la pathologie et les vivisections, dans la question qui nous occupe, conduisent donc à des résultats assez variables, puisqu'une même opération est loin de déterminer constamment les mêmes phénomènes, puisqu'elle entraîne quelquefois la mort par suite d'accidents cérébraux, et qu'elle est suivie de guérisons dans d'autres cas. Cependant, au milieu de ces données contradictoires, deux faits nous paraissent saillants : le premier, c'est que la circulation carotidienne est surtout en rapport avec les fonctions intellectuelles; le second, c'est que la circulation vertébrale est liée principalement aux fonctions respiratoires. Du reste, l'anatomie explique cette double influence des artères encéphaliques sur les phénomènes dont l'encéphale est le point de départ : en effet, les carotides envoient presque toutes leurs ramifications dans les lobes cérébraux, tandis que les vertébrales se distribuent aux parties postérieures de l'encéphale, et, entre autres, au bulbe rachidien, duquel émane le principe des mouvements respiratoires.

Maintenant pourquoi les phénomènes consécutifs à l'oblitération de tel ou tel tronc artériel sont-ils variables? Pourquoi sont-ils plus ou moins durables chez tel ou tel sujet, dans telle ou telle espèce? Nous supposons, avec P. Bérard (2), que ces différences pourraient bien tenir au volume de la communicante de Willis. Plus elle sera développée, moins les accidents seront tranchés, moins ils seront localisés, moins aussi ils seront graves, et réciproquement.

Toutefois il reste encore des cas qui nous paraissent inexplicables dans cette hypothèse : tels sont ceux dans lesquels la ligature des quatre troncs artériels, pratiquée simultanément, n'a pas entraîné la mort. Relativement aux cas de ce genre, rapportés par A. Cooper, on a constaté néanmoins par quelles voies le sang avait pu encore parvenir jusqu'à l'encéphale. Des anastomoses existaient, d'une part, entre les branches œsophagiennes de la thyroïdienne inférieure et les branches pharyngiennes de la thyroïdienne supérieure, entre la cervicale ascendante et des rameaux provenant d'une des branches de la carotide externe; d'autre part, entre les branches des vertébrales qui se distribuent aux muscles postérieurs du cou et les branches correspondantes des deux artères intercostales supérieures.

Nous ne croyons pas trop nous écarter de notre sujet en notant ici les rapports que Maignien (3) a indiqués entre le corps thyroïde et le développement ainsi que les fonctions de l'encéphale. Suivant cet auteur, les lobes thyroïdiens, bridés par des aponévroses résistantes, recouverts par l'appareil des muscles sous-hyoïdiens, seraient destinés à comprimer les carotides contre la colonne vertébrale, et à diminuer ainsi l'afflux du sang vers les parties antérieures de l'encéphale. De leur volume proportionnellement très considérable dans la vie intra-utérine, il résulte, à cette époque, une prédominance dans la circulation vertébrale, et aussi un accroissement plus rapide et plus complet du cervelet, du bulbe et de la protubérance. Chez les mammifères, ils restent distincts et sont en rapport plus immédiat avec les carotides; aussi les lobes cérébraux sont-ils relativement moins développés que le reste de l'encéphale. Chez l'homme, au contraire, par suite de la présence de l'*isthme*,

(1) A. Cooper, *Mém. cité.*
(2) *Art. cité* du *Dictionn. de méd.*
(3) Extrait d'un *Mémoire* présenté à l'Académie des sciences de Paris, *sur les usages du corps thyroïde* (dans l'*Examinateur médical*, 1842).

ils se portent davantage en avant et ne compriment les carotides que dans certaines circonstances : c'est lorsqu'il doit y avoir prédominance d'action des parties postérieures de l'encéphale, par exemple dans les efforts musculaires, le saut, la course, etc. Enfin, et comme complément, Maignien rappelle que, chez les crétins, dont le corps thyroïde est hypertrophié ou dégénéré, ces mêmes parties postérieures sont relativement plus considérables que les antérieures, précisément parce que la circulation des vertébrales est plus active et plus libre que la circulation des carotides.

Ces idées, qui n'ont encore été émises, pour ainsi dire, que sous la forme d'une esquisse et qui ont assurément bien besoin de contrôle, trouveraient quelque confirmation dans les expériences d'Astley Cooper.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

L'étude physiologique de la moelle épinière doit être faite sous deux points de vue bien distincts : d'une part, on doit envisager la moelle comme organe de transmission des impressions au cerveau et des ordres de la volonté aux muscles; de l'autre, comme centre indépendant d'innervation.

Jusqu'à la fin du dernier siècle, les physiologistes étaient habitués à assimiler cet organe à un gros nerf, et à considérer l'encéphale comme la *source unique* de la puissance nerveuse. Rob. Whytt (1), Gilbert Blane (2), surtout Prochaska (3), en découvrant le double rôle du cordon rachidien, ont ouvert la voie nouvelle dans laquelle sont entrés tous les observateurs de notre époque. Assurément il pourra paraître étrange que ce double rôle, si bien démontré aujourd'hui par l'expérimentation et les faits pathologiques, n'ait pas été soupçonné plus tôt, puisque le plus simple examen fait voir, dans la moelle, non-seulement de la substance blanche comme dans les nerfs conducteurs, mais encore de la substance grise comme dans les divers renflements de l'encéphale, qui toujours ont été réputés centres d'action nerveuse.

A. — De la moelle épinière envisagée comme organe conducteur des impressions sensitives et du principe des mouvements volontaires.

Hippocrate (4), Celse (5) et Arétée (6) avaient déjà parfaitement reconnu que les lésions graves de la moelle épinière détruisent le sentiment et le mouvement volontaire dans les parties situées au-dessous du point affecté. Galien vint confirmer ce résultat clinique par de nouvelles observations sur l'homme (7), et surtout par les *expériences les plus variées* sur les animaux (8). — Ainsi, de même que la section d'un nerf mixte entraîne la perte absolue de toute sensation et de tout mouvement volontaire dans les parties auxquelles ce nerf se distribue, de même aussi ces effets s'observent dans les organes situés au-dessous d'une section de la moelle :

(1) *Des vapeurs et des maladies nerveuses*. Paris, 1767, trad. franç., t. I, p. 265 et 295.
(2) *Philos. Transact.*, 1788, et *Select Diss.*, p. 262.
(3) *Op. min. anat. physiol. et pathol. argum*, pars secunda, cap. IV. Viennæ. 1800.
(4) *De prædict.*, p. 100, édit. de A. Foës.
(5) *De medicina*, lib. V, cap. XXVI.
(6) *Morb. acut. et diuturn.*, lib. I.
(7) *De locis affectis*, lib. IV, cap. VII.
(8) *De admin. anat.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX.

le nombre des organes alors soustraits à l'influence cérébrale varie avec le siége et la profondeur de cette lésion, comme il varie avec la hauteur d'origine et le nombre des filets lésés dans un tronc nerveux.

En pareil cas, la moelle épinière de l'homme et des animaux supérieurs se comporte donc, relativement à l'encéphale, de manière qu'on est autorisé à dire qu'elle représente, *physiologiquement*, l'ensemble des nerfs du tronc et des membres. Mais, il n'en résulte pas nécessairement que, sous le *rapport anatomique*, les faisceaux blancs qui la constituent ne soient, en réalité, que la somme des fibres nerveuses primitives destinées à ces parties, fibres qui, marchant parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, parviendraient ainsi jusqu'à l'encéphale. Ce n'est là qu'une hypothèse toute gratuite imaginée pour expliquer les actions nerveuses locales et distinctes ; car il n'est aucunement démontré que les fibres primitives des nerfs spinaux se continuent jusqu'au centre encéphalique. Au contraire, suivant la plupart des anatomistes modernes, elles se terminent dans la moelle à peu près au point où elles y aboutissent, en offrant une relation déterminée avec les fibres spéciales de cet organe et aussi avec les cellules multipolaires de son axe gris : cette manière de voir, dans laquelle on admet que, en vertu d'un certain rapport préétabli, la moelle remplace par ses propres fibres, dans l'encéphale, celles du tronc et des membres, sans qu'il y ait entre elles identité de nombre ni de même nature, nous semble pouvoir non-seulement rendre compte de la transmission distincte et locale des impressions ou du principe des mouvements tout aussi bien que l'autre théorie, mais encore fournir, mieux qu'elle, l'explication de certains phénomènes contradictoires que nous avons déjà mentionnés (pages 228 et 232).

Quant à la question de savoir si, indépendamment des cellules et des fibres qui sont en relation fonctionnelle avec l'encéphale, la moelle en possède d'autres qui lui soient réellement propres, elle a été résolue d'une manière différente par les observateurs. Pour Volkmann (1), par exemple, dont les mesures comparatives ont été prises sur le cheval et sur une espèce de crotale, loin que la somme des fibres de la moelle dépasse celle des fibres des nerfs spinaux, elle lui serait inférieure : mais, comme le fait observer Valentin (2), il est difficile de croire à l'exactitude de pareilles mesures, puisque, à une autre époque, Volkmann lui-même, guidé par des calculs à peu près semblables, avait été amené à soutenir la thèse opposée, c'est-à-dire que la moelle possède vraisemblablement plus de fibres que l'ensemble des nerfs auxquels elle donne origine.

Gratiolet (3), surtout, s'est élevé avec raison contre l'opinion qui veut que toutes les fibres nerveuses des régions postérieures du corps remontent jusqu'à l'encéphale : il affirme en effet avoir vu la plupart s'arrêter dans la moelle épinière, ce que les phénomènes de l'*action réflexe* devaient d'ailleurs faire présumer. La réduction des faisceaux blancs et des axes gris, à la région dorsale, paraît d'autant plus significative dans ce sens, qu'un grand nombre de paires nerveuses s'attachent à cette région de la moelle, et devraient accroître la somme de ses fibres, dans le cas où toutes celles de la région lombaire remonteraient vers le cerveau. Ajoutons que l'hypothèse de la prolongation des fibres primitives des nerfs jusque dans cet organe est encore infirmée par les différences de propriétés qui existent entre elles

(1) *Handwörterbuch der Physiol.*, t. II, p. 482 et suiv.
(2) *Rapport annuel*, par EISENMANN et CANSTATT, 1845, t. I, p. 245.
(3) LEURET et GRATIOLET, *Anat. comp. du syst. nerv.* Paris, 1839-57, t. II, p. 22-38.

et les fibres cérébrales; qu'enfin, en considérant le volume de la partie supérieure de la moelle, il est manifeste que cette dernière ne saurait contenir, en ce point, l'ensemble des nerfs du corps, dont le volume serait de beaucoup supérieur au sien. — Il existe donc vraisemblablement plusieurs séries d'éléments conducteurs, différant de nombre et même de nature (dans les nerfs, dans la moelle et dans l'encéphale), mais agencés pour fonctionner *de concert* (*).

Quoi qu'il en soit, l'inspection des surfaces extérieure et profonde de la moelle ayant légitimé depuis longtemps, aux yeux des anatomistes, la division de cet

(*) La *structure intime de la moelle épinière et du cerveau*, chez l'homme et les animaux vertébrés, a été, dans ces derniers temps, l'objet d'études importantes au triple point de vue de l'histologie, de la physiologie et de l'anatomie comparée (1).

Nous croyons devoir nous arrêter dès maintenant sur ces sortes de recherches, parce qu'elles nous paraissent pouvoir servir d'utile introduction à nos études physiologiques ultérieures sur le système nerveux.

Il résulte, notamment des observations microscopiques de JACUBOWITSCH, et aussi de celles de OWSJANNIKOW, que les éléments essentiels du système nerveux sont au nombre de trois : les *cellules motrices*, les *cellules sensitives* et les *cellules sympathiques*, auxquelles correspondent trois ordres de nerfs, différant entre eux, comme les cellules elles-mêmes, par leur volume et de plus par le névrilème qui les entoure. Ajoutons que les précédentes cellules ne donnent pas seulement naissance à des tubes nerveux primitifs destinés aux parties périphériques du corps, mais qu'elles envoient encore d'autres prolongements destinés à faire communiquer les cellules entre elles.

Les *cellules motrices* sont les plus grandes; irrégulières et étoilées, elles offrent trois, quatre ou un plus grand nombre de pôles d'où proviennent des fibres grosses, à *cylinder axis* entouré d'une gaine spirale dont les tours ou spires sont séparées par de la substance médullaire. Ces grandes cellules multipolaires prédominent surtout dans les *cornes antérieures de l'axe gris de la moelle épinière*, desquelles naissent les racines spinales motrices, dans la couche grise superficielle du cervelet et dans les tubercules quadrijumeaux. Plusieurs des grosses fibres qui procèdent des cellules motrices constituent, par leur *entrecroisement*, la *commissure antérieure de la moelle*, qui se voit sur tout le trajet de cet organe jusqu'au niveau du bulbe, et de là passe dans l'entrecroisement des pyramides.

Les *cellules sensitives*, les plus petites de toutes, sont fusiformes, et ne présentent en général que trois pôles et jamais au delà de quatre. On les trouve plus particulièrement dans les *cornes postérieures de l'axe gris de la moelle épinière*, desquelles émergent les racines spinales sensitives; là, certaines fibres *fines*, qui naissent de ces cellules, forment ultérieurement la *commissure postérieure de la moelle*, en passant d'un côté à l'autre, *sans* toutefois *s'entrecroiser*. Les cellules sensitives constituent, en outre, la partie fondamentale de la moelle allongée (les corps restiformes notamment); elles se rencontrent aussi dans la couche grise profonde du cervelet et dans les tubercules quadrijumeaux. La substance grise des hémisphères cérébraux ne paraît contenir que des cellules de cet ordre.

Les *cellules sympathiques* ou ganglionnaires, moins grandes que les cellules motrices, sont ovalaires et bipolaires seulement. Elles existent non-seulement sur tout le trajet de la moelle spinale, *entre les cornes antérieures et les cornes postérieures* de son axe gris, mais aussi dans la moelle allongée, le cervelet et les tubercules quadrijumeaux. Le système du nerf grand sympathique ne serait donc pas isolé et indépendant de l'axe cérébro-spinal, comme le supposent encore quelques physiologistes.

D'après JACUBOWITSCH, les cellules ou éléments nerveux s'unissent de diverses manières :

1° Il existe des communications directes entre cellules du même côté et de la même nature; et ces communications s'établissent à l'aide de tubes nerveux spéciaux émanés des cellules.

2° Il y aussi, d'un côté à l'autre, et entre cellules de la même espèce, des communications qui s'établissent, à l'aide de fibres ou plutôt de tubes nerveux, soit avec entrecroisement, comme pour la commissure antérieure de la *moelle épinière*, soit *sans entrecroisement*, comme cela existe pour sa *commissure postérieure*. Dans le bulbe et le cervelet, dans les tubercules quadrijumeaux et dans les hémisphères cérébraux (corps calleux) se rencontrent aussi de semblables commissures.

3° Enfin, outre les modes d'union précédents qui ont lieu entre cellules nerveuses homogènes, il y en a un troisième entre cellules de nature différente. Ce dernier mode d'union s'effectue à l'aide de ce que JACUBOWITSCH appelle des *couches en baguettes*, qui réunissent les trois ordres d'éléments

(1) Comme recherches les plus récentes sur ce sujet, consultez principalement celles de : OWSJANNIKOW, *Disquisit. microscop. de medullæ spinalis structura, imprimis in piscibus*. Dorpat, 1854. — JACUBOWITSCH et OWSJANNIKOW, *Origine des nerfs de l'encéphale* (*Bulletin de l'Acad. des sc. de Saint-Petersbourg*, 1855, t. XIV, p. 175). — JACUBOWITSCH, *Mittheilungen über die feinere Struct. des Gehirns u. Rückenmarks*. Breslau, 1857. — C. KUPFFER, *De medullæ spinalis textura in ranis*. Dorpat, 1854. — J. DE LENHOSSEK, *Neue Untersuch. über den feineren Bau des centralen Nervensystem des Menschen*. Vienne, 1855.

organe en plusieurs faisceaux, les physiologistes ont dû s'enquérir de l'importante question de savoir si la *sensibilité* et la *motricité n'auraient pas*, dans la moelle, *un siége distinct;* s'il n'y aurait point aussi, pour la *transmission des impressions au cerveau et pour celle des ordres de la volonté aux muscles*, des voies différentes.

Il n'est guère, dans les sciences physiologiques, de points qui aient éveillé davantage l'esprit d'investigation, qui aient donné lieu à des controverses plus animées, à des expériences plus nombreuses et aussi plus contradictoires : comme la plupart des vérités de premier ordre, il semble que celle qui va nous occuper ait dû, pour ainsi dire, être soumise à diverses phases d'évolution, avant d'arriver à son entier développement. Puissions-nous discerner le vrai au milieu de tant d'avis contraires sur une question dont nos efforts, nous l'espérons du moins, auront contribué quelque peu à dissiper l'obscurité !

Avant de rappeler les résultats de nos propres expériences et de formuler des conclusions motivées, nous devons reproduire, d'une manière succincte, les recherches et les opinions si variées des principaux expérimentateurs, en suivant à peu près l'ordre de leur publication. Cet historique ne saurait paraître dépourvu d'intérêt à quiconque aime à suivre toutes les phases d'un problème avant d'en connaître la solution. Avouons néanmoins que tant d'opposition entre les divers auteurs a bien quelque chose de décourageant et de propre à faire sourire les sceptiques en matière de vivisections.

Ce fut seulement en 1809 qu'Alexandre Walker (1), le premier, émit l'idée que

(cellules motrices, sensitives et sympathiques), et qui composent la couche périphérique du cerveau et du cervelet.

Pour ce qui est du nombre et du volume des trois ordres de cellules, dans la *moelle épinière* de l'homme et des animaux, JACUBOWITSCH a encore fait les remarques suivantes :

C'est chez l'homme qu'on observe les cellules nerveuses en plus grand nombre ; mais aussi elles sont plus petites. Dans les reptiles (grenouilles) et les poissons, où ces éléments sont en nombre minime, comparativement à ce qu'on voit chez les mammifères, les cellules sympathiques sont prédominantes. Enfin, tandis que les cellules sensitives sont peu considérables chez les oiseaux, les cellules motrices y sont très développées, ainsi que les cellules sympathiques ou ganglionnaires.

Quant aux différences que présente, chez les mammifères et chez l'homme en particulier, la *moelle épinière* considérée dans ses diverses régions, elles ne sont liées, selon JACUBOWITSCH, qu'à la proportion différente des éléments nerveux et à leur disposition particulière. — Dans la moelle allongée, les cellules sensitives et sympathiques l'emportent de beaucoup en nombre sur les cellules motrices. Ces mêmes éléments existent dans le cervelet, qui reçoit, par les pédoncules cérébelleux antérieurs, les cellules motrices, et par les corps restiformes les cellules sensitives ; le cervelet renferme, en outre, des cellules sympathiques, et, dans sa substance corticale, des cellules pyriformes se ramifiant et se terminant dans la *couche des baguettes* qui réunissent les trois ordres d'éléments. — Au contraire, JACUBOWITSCH ne trouve plus qu'un seul ordre d'éléments, les *cellules sensitives*, dans les hémisphères cérébraux et dans ce qu'il considère comme leurs dépendances, c'est-à-dire les corps striés, les couches optiques, le corps calleux, le fornix, etc.

Enfin, d'après OWSJANNIKOW et JACUBOWITSCH, les nerfs olfactif, optique, acoustique, ainsi que la portion ganglionnaire du trijumeau, procéderaient exclusivement de *petites cellules* (sensitives et sympathiques), tandis que le vague et le glosso-pharyngien proviendraient surtout de cellules sympathiques, et, en moindre proportion, de cellules sensitives. Du reste, ces observateurs croient devoir admettre que tous les nerfs sont de nature mixte, c'est-à-dire composés de *cylindres axes* appartenant à des cellules de mouvement, à des cellules de sensibilité et à des cellules sympathiques ; seulement, par exemple, ils font remarquer que, dans les racines spinales antérieures les fibres de mouvement prédominent de beaucoup sur les autres, tandis que, dans les racines postérieures, les fibres de sensibilité sont notablement les plus nombreuses.

Il n'est pas besoin d'insister beaucoup sur de pareilles recherches pour en faire comprendre toute la portée, à la condition qu'elles soient rigoureusement exactes. Débrouiller la texture du système nerveux, et distinguer, par la forme et le volume, ses divers éléments constitutifs en vue d'en déterminer ultérieurement le rôle physiologique, tel est leur but aussi difficile qu'il est élevé.

(1) *Arch. of Universal Science*, juillet 1809, t. III, p. 172. — *Documents and Dates of Modern Discoveries in the Nervous System*. London, 1839.

les divers faisceaux de la moelle pourraient bien avoir des attributions différentes; idée ingénieuse qui devint le principe d'une des plus belles découvertes en physiologie.

« Les impressions, dit Walker, sont transmises par les racines antérieures des nerfs rachidiens à la moelle épinière, dont les *colonnes antérieures* ou *ascendantes* sont aussi en rapport avec les sensations; tandis que les racines postérieures sont les nerfs de volition ou de mouvement volontaire, et que les *colonnes postérieures de la moelle*, ou *descendantes*, ont la même fonction, c'est-à-dire président au mouvement. » Quoique Walker n'ait cité aucun fait expérimental ou pathologique à l'appui de sa présomption d'ailleurs erronée, toujours est-il qu'à ce physiologiste revient l'insigne honneur d'avoir tracé la voie aux expériences qui, deux années plus tard, immortalisèrent le nom de Ch. Bell.

Ch. Bell (1) fut le premier qui, dès 1811, expérimenta sur les faisceaux antérieurs et postérieurs de la moelle épinière, dans le but de rechercher s'il existait entre eux des différences. « Sur un lapin *tué à l'instant même*, je trouvai, dit Ch. Bell, que l'excitation de la partie antérieure de la moelle causait des contractions musculaires, beaucoup plus constamment que l'excitation de sa partie postérieure; *mais j'éprouvai de la difficulté à léser isolément ces deux parties.* » Malgré le résultat douteux de son expérience, le physiologiste anglais n'en crut pas moins devoir admettre l'influence motrice exclusive de la colonne médullaire antérieure.

Dans une note fort courte sur le siége du mouvement et du sentiment dans la moelle épinière, Magendie (2) s'énonce en ces termes: « Si l'on met à nu la moelle, et si on la touche ou la pique doucement en arrière, l'animal donne des signes d'une exquise sensibilité; si, au contraire, on fait les mêmes tentatives sur la partie antérieure, *les indices de sensibilité sont à peine visibles.....* Pour peu que l'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché. *Les contractions ne se montrent que du côté du cordon que l'on irrite.* »

Dans un autre ouvrage (3), le même auteur, contrairement à l'une de ses précédentes assertions, déclare que « le faisceau antérieur de la moelle a une sensibilité très manifeste », et détruit, par conséquent, le caractère différentiel qu'il avait d'abord établi entre ce faisceau et le postérieur. De plus, Magendie accorde à ce dernier une influence *directe* et *locale* sur le mouvement, quand il dit que « les contractions ne se montrent que du côté du cordon postérieur que l'on irrite ». Nous verrons que c'est là le véritable rôle du cordon antérieur, et qu'au contraire l'excitation du cordon postérieur détermine, de la part de l'animal, des *mouvements généraux* de réaction contre la douleur.

Bellingeri (4) admet que les deux faisceaux dont il s'agit sont exclusivement en rapport avec le mouvement; que l'antérieur préside aux mouvements de flexion, et le postérieur à ceux d'extension. Les *impressions*, affirme-t-il, *sont transmises à l'encéphale par la substance grise de la moelle;* et il a vu, en effet, la sensibilité persister dans les parties postérieures du corps *après la section des deux cordons postérieurs.*

(1) *An Idea of a New Anatomy of the Brain*. London, 1811.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 153.
(3) *Leçons sur les fonct. et les malad. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. II, p. 153, *Lin. ult.*
(4) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

Dans la même année, c'est-à-dire en 1823, Fodera (1) constata aussi la persistance de la sensibilité, chez des lapins, après avoir coupé transversalement les faisceaux médullaires postérieurs; et de plus, dans sa troisième expérience (2), « *les parties postérieures à la blessure lui parurent plus sensibles que les antérieures* ».—Sur un dixième lapin, Fodera divise *longitudinalement* la moelle lombaire, et constate que le *sentiment a été détruit* par cette opération. — Enfin, sur un cochon d'Inde, le même expérimentateur, ayant coupé l'un des cordons postérieurs, à la partie moyenne de la région dorsale, a vu « *la sensibilité de l'extrémité postérieure* du même côté *être plus exquise que partout ailleurs* ». Il cite aussi un résultat semblable obtenu sur un jeune chat.

Fodera est, en effet, le premier expérimentateur qui ait signalé l'*hyperesthésie* qui survient après la section des faisceaux postérieurs de la moelle; il est encore le premier à avoir noté, après la section d'un seul de ces faisceaux, l'hyperesthésie du côté lésé et la diminution de la sensibilité du côté opposé. Plusieurs des faits sur lesquels s'appuie la théorie récemment proposée de la marche croisée des impressions sensitives dans la moelle ont donc été révélés par Fodera.

Quant à Schœps (3) et à Rolando (4), ils ont également vu la sensibilité se conserver malgré la section des deux faisceaux médullaires postérieurs; mais, en pareil cas, Schœps a aussi observé l'*hyperesthésie* des pattes de derrière, comme l'avait déjà fait Fodera. Du reste, Schœps et Rolando induisent définitivement de leurs expériences que les deux cordons de la moelle épinière jouissent des mêmes prérogatives, c'est-à-dire que l'un et l'autre sont à la fois conducteurs des impressions et du principe des mouvements. — D'après ses recherches, Calmeil (5) a été amené à la même conclusion. De plus, il ajoute que « la *substance grise du cordon rachidien* suffit *pour transmettre les impressions au cerveau* et pour provoquer des sensations ». En cela, Calmeil partage le sentiment de Bellingeri.

Backer (6), après la section des faisceaux postérieurs, a vu survenir la paralysie du mouvement dans les membres pelviens, quoique les faisceaux antérieurs fussent demeurés intacts; toutefois, au lieu de conclure que les cordons postérieurs président au mouvement aussi bien que les antérieurs, le physiologiste hollandais s'explique un pareil résultat par la pression qu'il a dû exercer sur ceux-ci en coupant les premiers; et il pense confirmer son assertion en ajoutant que toute possibilité de mouvement n'avait point disparu, puisque après l'administration de la strychnine, des spasmes violents s'emparaient de tout le corps de l'animal, ce qui n'avait point lieu quand les cordons antérieurs avaient été divisés.

Seubert (7) avoue lui-même que toutes ses tentati es ne lui ont pas fourni des résultats satisfaisants.

Quant à J. Müller (8), dont les recherches expérimentales se sont bornées

(1) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journal de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 191 et suiv.).

(2) *Rec. cit.*, t. III, p. 198.

(3) *Arch. de* MECKEL, 1827. — *Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, avril 1828, t. XXX, p. 114.

(4) *Sperimenti sui fascicoli del midollo spinale.* Torino, 1828. — *Journ. complément. du Dictionn. des sc. méd.*, avril et mai 1828, t. XXX, p. 159 et 204.

(5) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 77).

(6) *Comment. ad quæst. physiolog. a Facult. medic. Acad. Rheno-Traject.*, *ann.* 1828, *propositam.* Utrecht, 1830.

(7) *Comment. de funct. radic. ant. et post. nerv. spinal.* Badæ, 1833.

(8) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan. Paris, 1849, t. I, p. 354.

exclusivement aux racines des nerfs spinaux, il n'hésite point à affirmer que « l'*hypothèse* dans laquelle les faisceaux antérieurs de la moelle sont regardés comme moteurs, et les postérieurs comme sensitifs, *n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique...* »

Une pareille assertion ne saurait surprendre, après des expériences aussi contradictoires, et assurément elle peut trouver une nouvelle confirmation dans le récit de celles qui vont suivre.

D'expériences faites sur des grenouilles et des lapins, Valentin (1) conclut, à l'exemple de Bellingeri, que les fibres nerveuses des muscles extenseurs passent dans les faisceaux postérieurs de la moelle, et celles des muscles fléchisseurs dans les faisceaux antérieurs du même organe. Mais ce physiologiste va plus loin que Bellingeri : ainsi il prétend que l'excitation des faisceaux postérieurs, à leur surface (sur une coupe transversale de la moelle, pratiquée derrière le *calamus scriptorius*), détermine l'extension des membres thoraciques, tandis qu'une irritation portée dans la profondeur de ces faisceaux donne lieu à l'extension des membres pelviens; que l'excitation superficielle des cordons antérieurs provoque la flexion des membres thoraciques, tandis que la stimulation dirigée dans l'épaisseur de ces mêmes cordons entraîne la flexion des membres abdominaux. D'où il faudrait conclure que les fibres nerveuses, influençant la flexion ou l'extension des membres abdominaux, se rapprochent de l'axe de la moelle épinière à mesure qu'elles montent vers l'encéphale; toutes celles des membres thoraciques, qui ont un trajet moindre à parcourir, restant à la surface de la moelle. Schiff (2), qui admet la plupart de ces faits comme exacts, s'en rend compte en invoquant le *pouvoir réflexe* de la moelle. — Valentin suppose encore, sans appuyer sa conjecture sur aucune preuve expérimentale, que les fibres sensitives, destinées à la face dorsale des membres et correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles extenseurs, aboutissent aux cordons antérieurs, et que celles des nerfs sensitifs, correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles fléchisseurs, passent dans les cordons postérieurs. Il croit pouvoir expliquer de cette manière l'antagonisme des muscles fléchisseurs et extenseurs. Enfin, suivant le même physiologiste (3), les faisceaux antérieurs de la moelle tiendraient sous leur dépendance les mouvements péristaltiques des viscères abdominaux, et les faisceaux postérieurs régiraient leurs mouvements antipéristaltiques.

Budge (4) admet aussi que les cordons postérieurs de la moelle contiennent des fibres motrices (*), attendu, dit-il, que leur excitation occasionne des mouvements qui s'affaiblissent après leur section. Quant aux cours des fibres, il diffère de sentiment avec Valentin : chez les mammifères, les fibres nerveuses qui animent les muscles extenseurs se retrouveraient dans les cordons antérieurs, et celles qui animent les muscles fléchisseurs seraient contenues en partie dans les cordons antérieurs et en partie dans les postérieurs. Chez la grenouille, les fibres primitives des nerfs destinés aux muscles extenseurs seraient, dans la moelle, situées plus en arrière que celles des nerfs propres aux muscles fléchisseurs. Cette

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Bernæ, 1839, p. 134.
(2) *Lehrbuch der Physiologie.* Lahr, 1858, p. 287.
(3) *Op. cit.*, p. 136.
(4) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841, p. 15, 27, 39, 51.

(*) Depuis mes expériences, BUDGE paraît avoir abandonné cette opinion, d'après le dire de SCHIFF.

opinion a été aussi adoptée par Engelhardt (1), qui croit l'avoir confirmée par se expériences.

Plus récemment, Harless (2) a entrepris de démontrer que les mouvements d flexion sont influencés par la portion supérieure de la moelle jusqu'à la cinquièm vertèbre cervicale, et ceux d'extension par sa portion inférieure.

Van Deen (3) pense avoir établi que la substance blanche des cordons antérieurs, *seule*, sert au mouvement, mais que ces cordons, *avec leur substance grise* servent aussi bien à la sensibilité qu'au mouvement; que la substance blanche de faisceaux postérieurs est exclusivement destinée au sentiment, et que ces faisceaux, même avec leur substance grise, ne servent encore qu'à la sensibilité. Toutefois le physiologiste hollandais prétend que les faisceaux blancs postérieurs, seuls, ne transmettent pas aisément les impressions au cerveau, tandis que cette transmission est facile quand la substance grise postérieure est encore en contact avec eux. Enfin les faisceaux blancs antérieurs, seuls, c'est-à-dire dépourvus de leur substance grise, sont considérés par Van Deen comme impropres à communiquer directement aux muscles, par les racines antérieures, l'influence de la volonté, mais comme pouvant néanmoins déterminer quelques oscillations dans les fibres musculaires. Cet expérimentateur croit encore que, par l'intermédiaire de la substance grise, les impressions peuvent se transmettre des faisceaux postérieurs aux antérieurs. Ajoutons que, depuis la publication de son premier ouvrage, Van Deen (4) a avancé que l'excitation mécanique de la moelle épinière, si elle n'atteint pas directement les fibres des racines motrices ou celles des racines sensitives, ne détermine ni contractions ni douleurs. — D'après cet observateur, le sentiment persiste dans les pattes de derrière, après qu'on a coupé les deux cordons postérieurs, et l'on ne saurait nier le *pouvoir conducteur de l'axe gris* de la moelle. Après la section transversale de l'une des moitiés de cet organe, Van Deen a trouvé que, du côté correspondant, la sensibilité n'est point abolie, et il admet qu'en pareil cas le sentiment réel peut se transmettre d'un côté à l'autre par la *substantia gelatinosa*. Après qu'on avait laissé reposer l'animal pendant quelques heures, la *moindre excitation* du côté où la moelle avait été tranchée suffisait pour provoquer des *signes de douleur*.

Les résultats précédents offrent quelques analogies avec ceux qui ont été publiés, l'année suivante, par Stilling; mais il existe aussi entre eux des différences essentielles qu'il va être facile de saisir.

Quant aux expériences de Kürschner (5), elles se rapprochent également en beaucoup de points de celles de Van Deen, qui les a critiquées avec une certaine amertume, comme étant moins décisives que les siennes (6).

D'après Stilling (7), la substance grise postérieure est *sensible*, qu'elle soit ou non en rapport avec la substance blanche postérieure, qui elle-même cesse de l'être quand on a détruit la première; les substances blanche et grise antérieures, unies ou séparées, sont insensibles. La *substance grise* postérieure *est indispensable à la transmission des impressions vers l'encéphale*, et tant qu'il en reste une petite couche

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1841, p. 206.
(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1846, p. 74.
(3) *Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière*. Leyde, 1841, p. 199.
(4) FRORIEP'S *Neue Notizen*, 1843, t. XXV, n° 549, p. 323.
(5) *Ueber die Function der hinteren und vorderen Stränge des Rückenmarks*, 1841.
(6) VAN DEEN, *ouvr. cit.*, préf., p. VII, p. 206 et suiv.
(7) *Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven*. Leipzig, 1842.

établissant une communication entre les parties inférieures et les parties supérieures, le sentiment persiste dans tous les points situés au-dessous de la section, même complète, des cordons blancs postérieurs : de même, après la section des cordons blancs antérieurs, les mouvements volontaires persistent plus ou moins, tant qu'il existe une couche de substance grise antérieure propre à maintenir la communication avec l'encéphale. — Ainsi, pour Stilling, la *substance grise* de la moelle serait l'*agent essentiel* sans lequel la substance blanche ne saurait plus remplir aucun rôle en rapport, soit avec le sentiment, soit avec le mouvement. Cette conclusion, on le voit, est encore plus absolue que celle de Van Deen.

Plusieurs des résultats que nous avons exposés jusqu'à présent sur le rôle de la moelle, considérée comme organe de transmission, ont été vérifiés et vulgarisés, dans ces derniers temps, par Brown-Séquard (1). Après Bellingeri, Fodera, Schœps, Calmeil, Kürschner, Van Deen, Stilling, etc., il a vu aussi que, malgré la section des cordons postérieurs, la sensibilité aux impressions douloureuses persiste dans les parties situées au-dessous ; — que même, comme Fodera et Schœps l'avaient déjà remarqué, la précédente lésion a pour effet d'exagérer la sensibilité à la douleur ; — qu'enfin des impressions périphériques peuvent être transmises au cerveau par la substance grise, suivant l'ancienne opinion formulée d'abord par Bellingeri, et bientôt adoptée par Calmeil, Van Deen, Stilling, etc.

Quant à l'expérience dans laquelle, à l'aide d'une section de la moelle comprenant toute l'épaisseur de l'organe, *moins les faisceaux postérieurs*, Brown-Séquard assure avoir détruit *toute* sensibilité au-dessous de la lésion, nous aurons occasion d'y revenir plus loin pour lui donner sa vraie interprétation, aussi bien que sur d'autres expériences qu'il a faites dans le but de prouver la marche *croisée* des impressions sensitives dans la moelle. — Mais je mentionnerai dès maintenant un fait singulier constaté par ce physiologiste : si, après avoir divisé les cordons postérieurs, on détache ces cordons dans la longueur d'un ou deux centimètres, le bout inférieur à la blessure est trouvé sensible, et même parfois plus sensible que le bout supérieur. Il en conclut l'existence de certaines fibres descendantes, qu'il suppose pour la plupart aux racines postérieures des nerfs spinaux.

Les nombreuses expériences de Schiff ont été faites surtout sur des mammifères; celles de Van Deen et de Stilling avaient été exécutées plus spécialement sur des grenouilles.

Avant d'exposer les résultats de nos propres expériences, résumons, en peu de mots, toutes ces opinions trop souvent contradictoires sur le siége distinctif du sentiment et du mouvement dans la moelle épinière, et sur les propriétés des diverses parties constituantes de cet organe.

Les *faisceaux postérieurs* de la moelle président aux mouvements d'extension (Bellingeri, Valentin, etc.); aux mouvements de flexion (Budge, Harless, etc.); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Ch. Bell, Backer, etc.); exclusivement au mouvement (Alex. Walker); plus à la sensibilité qu'au mouvement (Magendie, Seubert, etc.); aux contractions antipéristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Les *faisceaux antérieurs* de la moelle président aux mouvements de flexion (Bellingeri, Valentin); aux mouvements d'extension (Budge, Harless); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Alex. Walker); exclusivement au mouvement (Ch. Bell, Backer); plus au mouvement qu'à la sensibilité (Magendie, Seubert); aux contractions péristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Suivant la plupart des expérimentateurs, les *faisceaux postérieurs* sont toujours sensibles; mais, d'après Stilling, ils cessent de l'être quand on a détruit leur rapport avec les cornes postérieures de substance grise, et, selon Van Deen, ils ne sont doués de sensibilité dans aucun cas.

Les *faisceaux antérieurs* sont tout à fait insensibles (Calmeil, Backer, Seubert. Jobert, Stilling); ils sont très sensibles (Magendie (1), Budge). Leur excitation ne provoque point de contractions musculaires (Calmeil, Jobert, Van Deen); elle ne manque jamais d'en produire (Ch. Bell, Backer).

La *substance grise* de la moelle épinière transmet à l'encéphale les impressions périphériques du tronc et des membres, mais elle n'est pas conductrice du principe des mouvements (Bellingeri, Calmeil, etc.); le principe des mouvements, aussi bien que les impressions, ne saurait se propager normalement sans le concours de cette substance (Van Deen, Kürschner, Stilling, etc.). Au contraire, aux yeux d'autres physiologistes, le rôle de la substance grise est tout à fait nul sous ce double rapport fonctionnel. Les cornes postérieures de la substance grise sont sensibles, suivant Stilling; elles sont aussi insensibles que tout le reste de la moelle, selon Van Deen.

En voyant l'opposition et la contradiction de ces résultats, ne dirait-on pas qu'il s'est agi d'observer une espèce de Protée se montrant à chacun sous des formes différentes, et que les adversaires des vivisections doivent triompher dans leurs attaques? S'il est vrai qu'ici, plus qu'ailleurs, l'expérimentation soit hérissée de difficultés et les illusions nombreuses, il faut redoubler d'efforts, de sagacité dans l'observation et l'interprétation des faits, en restant bien convaincu que les expériences, convenablement exécutées dans les mêmes circonstances, donnent des résultats constants, qu'elles ne se contredisent jamais.

(1) D'après Magendie (1822), ils sont *à peine* sensibles; (1839) ils sont *très* sensibles.

diens qui ont été indiqués plus haut. Seulement, d'après lui, tous ces nerfs, qui peuvent contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur et antérieur, en renferment d'autres qui émergent exclusivement du faisceau latéral, et qui sont en rapport avec les mouvements de la respiration.

A l'appui de son hypothèse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique, propre à entraîner la conviction.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni, par conséquent, obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais (*); mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir sensiblement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements peu prononcés dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur: encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui, d'ailleurs, étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant électrique sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il est présumable que les colonnes latérale et antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté: il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue, et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux, sur les mouvements respiratoires.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux faits sont nécessaires pour établir l'opinion de Ch. Bell, en ce qui concerne les colonnes médullaires latérales que, pour ma part, je n'oserais pas considérer comme absolument étrangères aux mouvements volontaires. Je rappellerai qu'elles sont *insensibles par elles-mêmes* comme les antérieures, qu'elles donnent certainement origine, aux environs du bulbe, à des nerfs qui concourent à influencer les mouvements respiratoires (accessoire de Willis et facial), et qu'elles semblent enfin devoir être considérées comme motrices (**).

(*) Schiff (*Arch. de Tubingue*, 1852) dit qu'il a pratiqué, avec succès, la section isolée de l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sentiment étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côté de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon correspondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

(**) Bellingeri suppose que les fonctions des cordons latéraux de la moelle épinière se rapportent à certains actes organiques. Il croit, en particulier, que les filets des racines antérieures qui naissent de ces cordons concourent à former le grand sympathique, et qu'ils exercent de l'influence sur la nutrition et la circulation. Ces hypothèses de Bellingeri ne sont confirmées par aucune espèce de preuves.

nous avions reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.) Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse. Or, il importait de rechercher comment réagiraient, avec le courant inverse ou direct, *les faisceaux antérieurs de la moelle épinière* elle-même. Après avoir coupé celle-ci transversalement au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir ; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient (après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal, seulement au commencement du courant inverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, à démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux antérieurs de la moelle. — Il importe de rappeler que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du courant électrique.*

En étudiant, il y a quelques années, les effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux (1), je suis parvenu à établir expérimentalement que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge : ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les *faisceaux antérieurs* de la moelle, les *racines spinales correspondantes*, étaient encore excitables ; mais le moment survenait bientôt où l'excitabilité disparaissait successivement des *faisceaux antérieurs*, des *racines antérieures*, des troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux. — Au contraire, j'ai prouvé que le *principe du sentiment*, chez l'animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale ; en d'autres termes, que la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les *racines postérieures* (lombaires, dorsales, cervicales), et de proche en proche dans les *faisceaux postérieurs de la moelle* (lombaire, dorsale, cervicale), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques. Aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

En résumé, mes expériences variées concourent donc toutes à établir que, entre les racines rachidiennes et les faisceaux de la moelle qui leur correspondent, il

(1) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

existe, du moins sous le rapport de *leurs propriétés immédiates*, une similitude incontestable.

Aussi, à s'en tenir à cette proposition qui résulte d'une manière directe des faits observés, notre travail de 1841 (1) n'a-t-il rien perdu de sa signification primitive.

Du reste, pour comprendre tout d'abord combien l'intervention de l'agent électrique est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux *qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal*, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement ; tandis que, s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs au point de vue de la contraction des muscles. — Seulement, je crois devoir ajouter que, dans ce genre d'expériences, il importe que la pile soit mise en des mains exercées, et surtout qu'elle soit *très faible ;* sinon il arriverait que les parties excitées réagiraient au delà sur des parties voisines, et qu'on aurait simultanément les effets de l'excitation de ces diverses parties, c'est-à-dire des effets mixtes qui introduiraient une cause de perturbation et d'erreur dans les résultats.

Avoir démontré, comme nous venons de le faire, que la moelle se compose : 1° de parties sensibles ; 2° de parties insensibles, mais dont la stimulation réagit sur le tissu musculaire et en détermine la contraction ; 3° de parties qui n'offrent ni l'un ni l'autre de ces caractères ; avoir, dis-je, démontré ces faits, et de plus avoir même dévoilé des *propriétés semblables* dans les racines spinales et dans les faisceaux de la moelle qui leur correspondent respectivement, ce n'est point encore, il faut le reconnaître, avoir prouvé que ces mêmes racines et ces mêmes faisceaux ont aussi des usages ou des *fonctions semblables*. Par conséquent, étant admis ce principe incontestable, à savoir : que les racines postérieures ont pour usage de transmettre les impressions sensitives au centre nerveux, et les racines antérieures de conduire les incitations motrices aux muscles, il reste à déterminer les voies que suivent, dans la moelle épinière elle-même, ces impressions et ces incitations.

Depuis Ch. Bell, de nouveaux faits étant venus s'ajouter aux faits anciens, quelques critiques, en les examinant et les comparant, ont cru pouvoir les déclarer contradictoires et incompatibles. Mais, si nous distinguons avec soin les résultats immédiats des expériences, des conclusions qu'on en a tirées, nous arriverons à reconnaître qu'il ne s'agit là que d'une apparente incompatibilité : des faits autrefois bien constatés ne sauraient cesser d'être vrais en présence de nouvelles données également reconnues exactes ; le tout est de découvrir leur véritable rapport et de donner à ces différents faits leur véritable interprétation.

Parce que, comme on l'a vu plus haut, Bellingeri, Fodera, et après eux, Schœps, Calmeil, Kürschner, Van Deen, Stilling, et plus récemment Brown-Séquard, Turck de Vienne, Schiff, etc., ont vu, malgré la section des cordons postérieurs, les animaux rester sensibles aux impressions douloureuses des parties situées au-dessous de la lésion ; parce qu'après cette opération la sensibilité à la douleur a même paru être plus vive qu'à l'état normal (Fodera, Schœps, Van Deen, Brown-

(1) *Rech. expérim. et pathol. sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens, etc.* (Mém. couronné par l'Académie des sciences de Paris, et inséré dans *Arch. gén. de méd.*, mars 1841).

Séquard, Schiff, etc.); parce qu'enfin des recherches de Bellingeri, confirmées par celles de beaucoup d'autres expérimentateurs, il est résulté qu'incontestablement on doit accorder un pouvoir conducteur à la substance grise de la moelle; fallait-il donc, en présence de ces faits que nous avons nous-même vérifiés depuis nos premières expériences, déshériter nécessairement les cordons blancs postérieurs de toute fonction sensitive, et leur substituer la substance grise? Fallait-il affirmer que la transmission de *toutes* les impressions se fait, dans la moelle, par cette seule substance qui d'ailleurs communique aussi avec les fibres des racines postérieures? Nous ne le croyons pas; notre manière de voir se fonde sur une expérience capitale de Schiff (1), que cet habile expérimentateur a bien souvent reproduite et de laquelle il nous a plusieurs fois rendu témoin.

A nos yeux, les voies de transmission, dans la moelle, sont différentes pour les impressions de *douleur* et pour les impressions de *contact* : les premières arrivent à l'encéphale spécialement par l'entremise de l'axe gris, tandis que les secondes lui parviennent par la substance blanche des faisceaux postérieurs. Pour le démontrer, Schiff pratique, sur la portion *cervicale* de la moelle épinière du lapin, deux sections transversales comprenant les cordons antéro-latéraux et *tout l'axe gris*, de sorte que, entre le segment céphalique de la moelle et son segment caudal, il n'existe plus d'autre moyen de communication que les cordons blancs postérieurs. Puis l'animal est laissé au repos pendant quelques instants. Alors on l'affaiblit en lui retirant une certaine quantité de sang, et bientôt on le voit s'assoupir légèrement et fermer les yeux. En ce moment, à peine vient-on à toucher le train postérieur en un point quelconque, que l'animal relève la tête, ouvre les yeux, dresse les oreilles, précipite sa respiration, et donne ainsi la preuve que son attention est éveillée par chaque attouchement. Et pourtant on peut piquer, pincer ou brûler la même partie, broyer le nerf sciatique lui-même, sans provoquer le moindre signe de douleur. « Je prends ce nerf entre mes doigts, dit Schiff, et l'animal réagit d'abord comme précédemment, puis retombe bientôt dans le sommeil, malgré l'écrasement continu que je fais alors subir à son nerf entre mes ongles. Mais si, pendant cet écrasement, je touche légèrement une autre surface sensible, l'animal relève aussitôt la tête, et puis encore redevient tranquille, bien que le nerf continue à être broyé par mes doigts. »

Ces faits et la conclusion à en tirer nous paraissent incontestables, et, après les avoir vus, nous ne pouvons admettre qu'il soit permis de les rapporter au pouvoir réflexe de la moelle, ou de faire croire que Schiff n'ait pas détruit ou coupé toute la substance grise. Dans le but de contrôler chacune de ses expériences, cet observateur a toujours pris le soin d'immerger dans l'acide chromique la portion de moelle opérée, pour colorer davantage la substance grise, et de la sorte en rendre appréciables les plus petites parcelles.

Du reste, les observations pathologiques avaient déjà démontré, depuis longtemps, que la transmission des impressions douloureuses est indépendante de la sensation tactile proprement dite. Il est en effet des malades chez lesquels un ou plusieurs membres ne sont plus capables de sentir les brûlures et les piqûres, par exemple,

(1) *Ueber die Function der hinteren Stränge des Rückenmarks* (*Untersuch. zur Naturlehre*, etc., de J. MOLESCHOTT, 1857, t. IV. — *Communications au Congrès scientifique de Carlsruhe*, septembre 1858. — *Nouvelles expériences sur la fonction des cordons postérieurs de la moelle épinière* (*Gazette hebdom. de méd. et de chirurg.*, Paris, 22 avril 1859, t. VI, p. 246).

pendant que le moindre attouchement est perçu comme à l'état normal : cet état a été désigné récemment sous le nom d'*analgésie*. Réciproquement, il est aussi d'autres malades chez lesquels, la sensibilité tactile étant absolument perdue, les impressions douloureuses faites aux téguments sont perçues avec une grande vivacité. — Une observation pathologique, fort remarquable sous ce dernier rapport, et qui s'accorde bien avec le résultat des précédentes expériences de Schiff, a été publiée récemment par Luys (1) : chez une femme percevant à un très haut degré les impressions de *douleur*, mais n'ayant aucune conscience des impressions de *contact*, Luys trouva, à l'autopsie, les *cordons blancs postérieurs* de la moelle ramollis et son *axe gris* intact.

Il nous reste à rechercher quelle est, dans la moelle, la voie intermédiaire entre la volonté et les muscles.

Et d'abord, quoi qu'on ait pu dire, c'est un fait qui demeure acquis à la science, que les cordons antérieurs ne sont point des conducteurs de la sensibilité, puisque leur section n'apporte point le moindre changement dans l'exercice de cette faculté. Quant aux mouvements volontaires, la même section ne fait pas disparaître ces sortes de mouvements des parties situées au-dessous ; et, en effet, les expériences de Stilling, de Valentin, de Van Deen sur des grenouilles, celles de Schiff sur des mammifères, s'accordent à établir que la substance grise, qui est en rapport avec la transmission de certaines impressions sensitives, n'est pas non plus étrangère à l'exécution des ordres de la volonté. Mais, d'autre part (ainsi que je l'ai vérifié moi-même), Van Deen (2) et Schiff, après avoir coupé transversalement toute la moelle, *excepté les cordons blancs antérieurs*, ont vu le train postérieur accomplir encore des mouvements manifestement volontaires. Du reste, comment contester le pouvoir conducteur, en quelque sorte illimité, de ces mêmes cordons, quand il est si facile de voir les excitations artificielles se propager au loin dans leur longueur, et se traduire par les contractions les plus prononcées ? Quoi donc d'étonnant qu'ils transmettent aussi l'incitation volontaire aux muscles ? — Il existe, en effet, un rapport immédiat entre la volition et les faisceaux blancs antérieurs de la moelle, ce qui n'exclut pas la participation de la substance grise centrale, qu'on sait communiquer avec les fibres des racines antérieures.

Nous nous résumerons ainsi sur tout ce qui précède :

Les faisceaux blancs antérieurs et les faisceaux blancs postérieurs de la moelle ont des *propriétés* entièrement distinctes.

La *motricité* (*) est l'attribut exclusif des premiers ; la *sensibilité* est l'attribut exclusif des seconds. La sensibilité et la motricité ont donc un siége distinct aussi bien dans la moelle épinière que dans les racines spinales.

(1) *Comptes rendus des séances et Mémoires de la Société de biologie*, année 1856, p. 94.
(2) Expérience récente de VAN DEEN, citée par SCHIFF.

(*) C'est en vertu de cette propriété que certaines parties dites *excitables* du système nerveux réagissent en provoquant des *contractions locales*. — La *motricité* est inhérente à ces parties comme l'*irritabilité* est inhérente aux muscles.

Nous avons déjà prouvé (p. 223) que, si la *motricité* s'éteint dans les nerfs moteurs (racines spinales antérieures, etc.) peu de jours (quatre à cinq) après qu'on les a séparés de la moelle, au contraire, après la section complète de cet organe, elle persiste pendant des mois et sans doute *indéfiniment* dans les faisceaux blancs antérieurs de son segment caudal (p. 226). — Aussi la moelle épinière doit-elle être regardée comme une source d'activité immédiate pour les nerfs ou de motricité indépendante du centre encéphalique.

Ces faits primitifs du système de Ch. Bell demeurent irrévocablement établis, et nous sommes heureux d'avoir concouru à leur démonstration.

Quant à la substance grise de la moelle, qui n'a ni sensibilité ni motricité, nou avons prouvé que, tout en lui accordant un pouvoir conducteur sous le double rapport de la *transmission* des impressions et de la transmission des ordres de la volonté, on ne saurait déshériter ni les faisceaux postérieurs de tout rapport avec les perceptions, ni les faisceaux antérieurs de tout rapport avec la volition.

Par conséquent, si, d'un côté, il y aurait de l'exagération à regarder, avec Ch. Bell, les cordons blancs antérieurs comme le tronc commun des racines motrices, et les cordons postérieurs comme celui des racines sensitives; évidemment, d'un autre côté, il y aurait aussi exagération et erreur à soutenir que l'axe gris de la moelle, à cause de ses connexions intimes avec les deux ordres de racines, représente l'*unique* conducteur des déterminations de la volonté aux muscles et des impressions sensitives au cerveau. — La vérité est que, pour l'accomplissement normal et complet de la sensibilité ou des mouvements volontaires, il faut le conflit et l'action simultanée de la substance grise et des cordons blancs postérieurs et antérieurs de la moelle épinière.

Les précédentes notions étant établies, nous rechercherons maintenant si les ordres de la volonté et les impressions sensitives se transmettent d'une manière *directe* ou *croisée* dans la moelle épinière.

1° C'est une vérité, appuyée sur des expériences fondamentales de Galien (1) et sur des faits pathologiques sans nombre, que l'abolition du mouvement volontaire a lieu dans le côté du corps correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion ; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe* sur le mouvement. Chez un chien adulte, coupez transversalement, au cou ou au dos, la moitié droite de la moelle par exemple, et aussitôt les mouvements volontaires cessent dans toute la partie droite du corps située au-dessous de la section. Irritez, sur un autre chien vivant ou récemment tué, le faisceau antérieur droit du bout caudal de la moelle d'abord divisée, les convulsions éclatent à droite; irritez le faisceau gauche, elles éclatent à gauche. Comme on le sait, le contraire s'observe, pour diverses autres parties de l'axe cérébro-spinal qui exercent sur les organes moteurs une influence *croisée*.

2° Quant à la marche des impressions sensitives dans la moelle épinière, elle est aussi assez généralement réputée être *directe*. Toutefois Fodera (2), Budge (3), Eigenbrodt (4), puis Brown-Séquard (5), Van Kempen (6), etc., en s'appuyant de raisonnements ou de faits et d'expériences variés, ont donné de la vraisem-

(1) *De administr. anat.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX.
(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 198 et suiv.
(3) *Untersuch. überdas Nervensystem*, 1842, t. II, p. 155.
(4) *Leitungsgesetze im Rückenmark*. Giessen, 1848.
(5) *Rech. sur la transmission croisée des impressions sensitives dans la moelle épinière* (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie*, n° 12, déc. 1849 ; — *Ibid.*, t. II, année 1850, p. 33 ; — *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1850, t. XXXI, p. 700, et 1855, t. XLI, p. 118 ; — *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, Paris, 1855, nos 31, et 36.
(6) *Expér. physiol. sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moelle épinière*. Bruxelles, 1859.

blance à l'hypothèse de la marche croisée des impressions dans la moelle ; hypothèse qui a été combattue surtout par Schiff (1), Chauveau (2), von Bezold (3), et admise, avec des restrictions, par Oré (4), qui assure que l'effet croisé n'est pas complet.

A l'exemple de Galien (5), dont les expériences sur la moelle sont aussi nombreuses qu'ingénieusement diversifiées, Fodera (6) divise *longitudinalement* la moelle lombaire (chez un lapin), de manière à la séparer en deux moitiés latérales : comme Galien encore, il constate que le mouvement (quoique notablement affaibli) persiste dans les deux membres postérieurs ; mais, de plus, Fodera affirme que « *le sentiment a été détruit dans ces deux membres* ». — Le même observateur, après la section de l'un des cordons postérieurs, à la partie moyenne de la région dorsale, a vu « *la sensibilité de l'extrémité postérieure*, du même côté, *être plus exquise que partout ailleurs, et diminuer* du côté opposé. »

Ces expériences de Fodera ont été confirmées par Brown-Séquard qui, à son tour, a constaté que l'hémisection latérale de la moelle exalte la sensibilité du côté de la lésion, et l'abolit (ou tout au moins l'affaiblit) du côté opposé. Avec ce dernier physiologiste, Oré (7) admet, d'après ses propres expériences et plusieurs observations pathologiques, que la transmission des impressions sensitives, dans la moelle épinière, est *croisée ;* seulement son opinion est différente en ce sens qu'il regarde cet effet croisé comme étant *incomplet*. D'après cet expérimentateur, il existe toujours, dans le membre opposé au côté de la moelle divisé, une certaine sensibilité qui est due à des éléments conducteurs *directs*.

Je suis porté à regarder cette conclusion comme l'expression de la vérité, d'après quelques expériences toutes récentes que j'ai pu faire à ce sujet. Au moins paraît-elle s'appliquer à certains animaux.

Je terminerai par une simple remarque : dans leurs observations microscopiques sur la structure intime de la moelle épinière (voy. plus haut, p. 359), Jacubowitsch et Owsjannikow soutiennent que les fibres ou tubes provenant des grandes cellules motrices *s'entrecroisent* dans la commissure antérieure de la moelle, et que les tubes ou fibres qui procèdent des petites cellules sensitives *ne s'entrecroisent point* dans la commissure postérieure. Kölliker (8) cherche aussi à démontrer qu'il existe un entrecroisement des fibres motrices dans toute la longueur de la ligne médiane de la moelle épinière, et que cet entrecroisement n'a lieu qu'entre les cordons antérieurs de cet organe, tandis que les cordons latéraux s'entrecroisent en partie dans la moelle allongée, sous le nom de pyramides antérieures. Enfin, pour J. de Lenhossek (9), l'entrecroisement aurait lieu en avant comme en arrière du canal médullaire, c'est-à-dire aussi bien pour les éléments

(1) *Mém. de la Société d'hist. nat. de Berne*, 1853, p. 336, et *Lehrbuch der Physiol.* Lahr, 1858-59, p. 261, 272 et suiv.

(2) *Expér. sur les fonct. de la moelle épinière* (*Moniteur des hôpitaux*, 1857, p. 1065).

(3) *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1858, p. 307, 364.

(4) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XXXVIII, p. 930, année 1854.

(5) *De administr. anatom.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX. — C'est sur de jeunes porcs que GALIEN exécuta ordinairement ses expériences.

(6) *Loc. cit.*

(7) *Loc. cit.*

(8) *Mikrosk. Anat.* Leipzig, 1850, II, B. p. 438-439.

(9) *Neue Untersuch. über den feineren Bau des centralen Nervensystems des Menschen.* In-4, Vienne, 1855.

conducteurs des impressions que pour les éléments conducteurs du principe des mouvements.

Il y a donc unanimité, entre ces micrographes, pour admettre l'*entrecroisement des éléments moteurs* dans toute la longueur de la moelle épinière; et pourtant, chose singulière, la même unanimité se retrouve parmi les expérimentateurs pour affirmer que la transmission du mouvement est *directe* dans cet organe (*). Réciproquement, l'examen microscopique conduit des observateurs très habiles à signaler, dans la moelle, le *non-entrecroisement des éléments sensitifs;* et voilà encore que contradictoirement l'expérimentation tend à établir que, dans cet organe, la transmission des impressions sensitives est *croisée.*

Ces exemples font comprendre, d'une part, tout ce que laisse à désirer la plus délicate des expérimentations physiologiques, celle qu'il s'agit de porter sur les éléments histologiques mêmes des organes; ils prouvent, d'autre part, que les observations anatomiques ne sauraient avoir une valeur réelle, en physiologie, qu'autant qu'elles ont reçu la sanction d'expériences sur les animaux ou de faits pathologiques observés sur l'homme.

Quant aux fibres nerveuses, dites *vaso-motrices*, nous aurons occasion de les mentionner bientôt, et d'examiner la question de savoir si, dans la moelle épinière, elles suivent un trajet direct ou croisé.

Influence de la moelle épinière sur la respiration.

On verra plus loin que le bulbe rachidien doit être considéré comme le foyer central et l'organe régulateur des mouvements respiratoires: nous allons prouver que la *moelle* n'est, au contraire, qu'un *simple conducteur* du principe de ces mouvements.

Et d'abord, pour bien interpréter les faits suivants, il importe de savoir quels sont les nerfs, propres à influencer les actes mécaniques de la respiration, qui naissent de la moelle à partir du trou occipital.

Ces nerfs sont: 1° Le *spinal* ou accessoire de Willis (nerf respiratoire supérieur du tronc, Ch. Bell), dont les racines s'implantent sur les cordons latéraux de la portion cervicale de la moelle, et dont beaucoup de rameaux se distribuent aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze (**); 2° le *phrénique* ou diaphragmatique (nerf respiratoire interne du tronc, Ch. Bell), provenant surtout de la quatrième, et, en partie, de la cinquième paire cervicale, et destiné au diaphragme; 3° le *nerf respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), ou nerf du grand dentelé, qui vient des cinquième et sixième paires cervicales; 4° les *douze nerfs intercostaux*, ou branches antérieures des nerfs dorsaux, dont toutes les racines s'insèrent sur la portion dorsale de la moelle, et dont les sept premiers se rendent aux muscles intercostaux, tandis que les cinq autres se divisent à la fois dans plusieurs de ces muscles et dans ceux de la paroi abdominale antérieure; 5° la *première branche antérieure lombaire*, qui, par une division de son rameau *ilio-scrotal*, complète la

(*) Cependant VAN KEMPEN (*Mém. cit.*) fait exception; il admet, notamment chez les mammifères, que la transmission du mouvement volontaire est *exclusivement directe* dans la région lombo-dorsale, mais qu'elle est *en partie croisée* dans la région cervico-dorsale.

(**) Le spinal anime aussi les muscles du larynx, du pharynx, etc. Voy. t. II, p. 247, 262 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

Ces notions anatomiques une fois acquises, il devenait tout naturel de rechercher, à l'aide d'expériences sur les animaux vivants, ce qui adviendrait du côté des mouvements respiratoires, en coupant la moelle épinière à diverses hauteurs.

Galien (1) a déjà signalé, avec une grande justesse d'observation, les phénomènes principaux qui résultent de pareilles sections. Il a vu qu'en divisant la moelle à l'union de la portion cervicale avec la dorsale, la poitrine se mouvait encore en bas et en haut, par le diaphragme et les muscles supérieurs du tronc (sterno-cléido-mastoïdien, trapèze et grand dentelé) : « *Animal subito in latus procubuit, utrasque thoracis partes, et atlas et imas commovens.* » Alors l'action de ces derniers muscles est aidée par la contraction de plusieurs autres de la partie supérieure de l'humérus (grand et petit pectoral), et tous tendent à suppléer les nerfs intercostaux paralysés: « *Namque omnes musculi intercostales in totum reddebantur immobiles.* »

Après la section de la moelle épinière entre la troisième et la quatrième vertèbre cervicale, c'est-à-dire au-dessus des origines du phrénique, du respiratoire externe du tronc et des nerfs intercostaux, Galien (2) a constaté l'abolition des mouvements respiratoires, non-seulement dans le thorax, mais dans toutes les parties situées au-dessous. Il n'a pas non plus omis, dans toutes ces expériences, de noter la perte de la sensibilité et du mouvement volontaire dans les organes placés au-dessous de la lésion.

Ajoutons, pour y revenir plus tard, que Galien (3) avait aussi reconnu qu'en divisant la moelle épinière *à son origine* ou à son union avec le bulbe rachidien, on fait périr l'animal immédiatement.

Quoique les deux premières expériences de Galien, qui viennent d'être mentionnées, soient déjà bien suffisantes pour prouver que le rôle de la *moelle proprement dite* se borne à transmettre le principe des mouvements respiratoires, je crois néanmoins devoir citer quelques autres expériences confirmatives qui ont été exécutées par des auteurs modernes.

Après avoir observé les mouvements du thorax chez un lapin âgé d'environ dix jours, Legallois (4) a coupé la moelle épinière sur la septième vertèbre cervicale : à l'instant, *ceux de ces mouvements qui dépendent de l'élévation des côtes se sont arrêtés ;* mais les contractions du diaphragme ont continué. Puis, ayant divisé la moelle au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, il a fait cesser à la fois les mouvements des côtes et ceux du diaphragme.

Flourens (5), ayant opéré sur un lapin la section transversale de la moelle, immédiatement au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, a vu disparaître soudain tous les mouvements inspiratoires des côtes. Le tronçon de moelle duquel partaient les nerfs intercostaux était pourtant encore si plein de vie, que, pour peu qu'on l'excitât, la cage respiratoire se mouvait tout aussitôt, comme aupara-

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv., édit. de Kühn. Leipzig, 1821.
(2) *Ibid.*, cap. IX, édit. cit., p. 696 et 697.
(3) *Ibid.*
(4) *Œuvres complètes*, t. I, p. 63 et 250. Rapport de Percy, édit. 1830, avec des notes de Pariset.
(5) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés.* Paris, 1842, 2e édit., p. 178.

vant. — Après la section, sur un autre lapin, de la moelle épinière au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, sur-le-champ les mouvements inspiratoires des côtes et du diaphragme ont disparu. Cependant, pour peu qu'on irritât le fragment médullaire postérieur, il survenait aussitôt des contractions du diaphragme et des mouvements des côtes ; il se faisait un véritable mouvement respiratoire du tronc, et ce mouvement pouvait aller jusqu'à déterminer un certain bruit dans le larynx. — Sur un troisième lapin, le même *expérimentateur* a coupé la moelle épinière au-dessus de l'origine de l'accessoire (nerf spinal) : tous les mouvements respiratoires des épaules, des côtes et du diaphragme se sont éteints. Une excitation extérieure du tronçon de moelle restant pouvait encore les ranimer tous.

« Nul de ces mouvements ne contient donc en soi, dit Flourens, le premier principe de son action : il suffit de les isoler d'un point donné pour qu'aussitôt ils s'éteignent ; il suffit de les maintenir réunis à ce point pour qu'ils se conservent : c'est donc évidemment de ce point, et de ce point seul, qu'ils tirent leur premier mobile. »

Quant aux mouvements des côtes, du diaphragme, etc., qu'on voit succéder à l'irritation mécanique du segment caudal de la moelle, ils sont évidemment dus à la persistance de son excitabilité, et sont assimilables à ceux qu'on provoque dans les membres, en irritant les faisceaux antérieurs de la moelle divisée, ou bien les racines spinales qui se détachent de ces faisceaux.

Calmeil (1) est arrivé à des résultats analogues ; seulement il mentionne une particularité que j'ai toujours observée dans mes propres expériences, et qui, déjà signalée par Galien, semble avoir échappé aux deux expérimentateurs précédents. « Coupez, dit Calmeil, sur un jeune chien ou sur un jeune chat, la moelle épinière un peu au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, vous ferez *à peu près* cesser le jeu de toutes les côtes. » Cette expression *à peu près* est fort juste, car le jeu des côtes est encore entretenu, en partie, à l'aide du muscle grand dentelé dont le nerf prend origine au-dessus de la section, et aussi à l'aide des muscles grand et petit pectoral.

Sur des chiens, j'ai divisé la moelle entre la septième et la huitième paire dorsale, c'est-à-dire au-dessus de l'origine des cinq branches intercostales et de la première branche lombaire, qui animent les muscles de la paroi abdominale antérieure, et j'ai vu les mouvements respiratoires *propres* à cette partie se supprimer : on n'y apercevait plus que les mouvements communiqués par les contractions du diaphragme.

Ch. Bell, admettant que la colonne *antérieure* de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements, que la colonne *postérieure* est en relation avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité ; Ch. Bell, dis-je, a supposé que la colonne *latérale* était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*.

Sans parler des nerfs crâniens auxquels Ch. Bell applique cette même dénomination, et que je ne citerai qu'en traitant des fonctions du bulbe rachidien, je dois rappeler que cet auteur admet, comme *nerfs respiratoires*, tous les nerfs rachi-

(1) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journ. des progrès*, 1828, t. XI, p. 116).

diens qui ont été indiqués plus haut. Seulement, d'après lui, tous ces nerfs, qui peuvent contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur et antérieur, en renferment d'autres qui émergent exclusivement du faisceau latéral, et qui sont en rapport avec les mouvements de la respiration.

A l'appui de son hypothèse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique, propre à entraîner la conviction.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni, par conséquent, obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais (*) ; mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir sensiblement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements peu prononcés dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui, d'ailleurs, étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant électrique sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il est présumable que les colonnes latérale et antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue, et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux, sur les mouvements respiratoires.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux faits sont nécessaires pour établir l'opinion de Ch. Bell, en ce qui concerne les colonnes médullaires latérales que, pour ma part, je n'oserais pas considérer comme absolument étrangères aux mouvements volontaires. Je rappellerai qu'elles sont *insensibles par elles-mêmes* comme les antérieures, qu'elles donnent certainement origine, aux environs du bulbe, à des nerfs qui concourent à influencer les mouvements respiratoires (accessoire de Willis et facial), et qu'elles semblent enfin devoir être considérées comme motrices (**).

(*) SCHIFF (*Arch. de Tubingue*, 1852) dit qu'il a pratiqué, avec succès, la section isolée de l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sentiment étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côté de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon correspondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

(**) BELLINGERI suppose que les fonctions des cordons latéraux de la moelle épinière se rapportent à certains actes organiques. Il croit, en particulier, que les filets des racines antérieures qui naissent de ces cordons concourent à former le grand sympathique, et qu'ils exercent de l'influence sur la nutrition et la circulation. Ces hypothèses de Bellingeri ne sont confirmées par aucune espèce de preuves.

Nous croyons d'ailleurs devoir rappeler que les *lésions traumatiques ou autres* de la portion cervicale de la moelle épinière, chez l'homme, donnent constamment lieu à des symptômes qui confirment les faits reconnus par les physiologistes, dans leurs expériences sur les animaux vivants.

Ainsi, quand ces lésions siégent au niveau de la troisième vertèbre *cervicale*, par exemple, la respiration devient extrêmement laborieuse et difficile; les mouvements d'inspiration ne sont dus qu'aux muscles du cou et des épaules, à ceux des ailes du nez et de la glotte; le diaphragme est immobile, les muscles qui meuvent les côtes sont paralysés, et le malade ne tarde pas à périr dans les angoisses d'une véritable asphyxie (1).

Les altérations pathologiques de la moelle épinière, dans la région *dorsale*, prouvent également que cette portion de la moelle intervient comme agent indispensable de transmission de certains mouvements respiratoires. On voit, même dans la myélite qui occupe le haut de la région dorsale, les malades accuser un sentiment de constriction des parois thoraciques, une oppression continuelle. Survient-il passagèrement un accès fébrile qui accélère les mouvements du cœur, aussitôt la dyspnée devient extrême, la dilatation de la poitrine, dans l'inspiration, ne s'effectue qu'avec des efforts prolongés et très pénibles (2).

Tout ce qui précède démontre surabondamment que la moelle, sans le bulbe rachidien, n'est, relativement au *principe des mouvements respiratoires*, comme à celui des mouvements volontaires, qu'un simple cordon conducteur, et que de plus les voies parcourues par ce principe, dans la moelle, ne sont pas encore assez nettement déterminées.

Maintenant nous allons parler de fonctions dans lesquelles la moelle épinière intervient elle-même comme centre indépendant d'innervation.

B. — De la moelle épinière envisagée comme centre indépendant d'action nerveuse.

Déjà ce point de vue si important a fixé notre attention (p. 276 et suiv., *Pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal*). Toutefois il ne nous reste pas moins à examiner certaines fonctions et certains actes organiques dans lesquels, nous venons de le dire, la moelle intervient comme centre spécial d'innervation.

L'influence de la moelle épinière sur les mouvements du cœur et sur la circulation; — sur la nutrition, les sécrétions et la calorification; — enfin l'action de ce centre nerveux sur le canal intestinal, la vessie et les organes génitaux: tels sont les différents sujets que nous nous proposons de passer en revue.

Nous n'avons à revenir ni sur l'influence remarquable que la moelle épinière exerce sur la production, la coordination et l'association des mouvements dits réflexes; ni sur l'aptitude de cet organe à remplir indéfiniment les fonctions qui lui appartiennent *en propre*, même après que toute relation avec l'encéphale a cessé; ni enfin sur les rapports étroits de la moelle avec l'excitabilité des nerfs, avec l'irritabilité et la nutrition des muscles. — Ces différents problèmes ont été abordés ailleurs (voy. plus haut, t. II, p. 223, 289, 293; t. I, 3e part., p. 30 et suiv.) (*).

(1) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER d'Angers, t. I, p. 263 et suiv.; *ibid.*, p. 365, 3e édit.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 370; t. II, p. 337, et *passim*.

(*) Toutefois nous croyons devoir rappeler ici que, dans le *Traité complet des paralysies* par O. LANDRY (Paris, 1859, t. I, p. 20 et suiv.), on trouve d'intéressantes recherches, propres à ce

Influence de la moelle épinière sur les mouvements du cœur et sur la circulation. — Haller, appliquant sa théorie de l'irritabilité surtout aux mouvements du cœur, déclara nombre de fois dans ses ouvrages que les contractions cardiaques sont dans une indépendance absolue de la puissance nerveuse, puissance qu'il faisait dériver exclusivement du cerveau. Dès lors ne doit-on pas s'étonner qu'en parlant des fœtus privés de cerveau et de moelle épinière, exemples qui auraient pu fournir un si puissant argument en faveur de son opinion, Haller (1) s'énonce ainsi : « Plerisque medullæ spinalis etiam fuit tantum, quantum sufficere poterat, ut cordis motus superesset. » Cet auteur recommandable est donc ici doublement en contradiction avec lui-même, puisqu'il admet implicitement, d'une part, que le cerveau n'est pas la source unique de la force nerveuse, et, d'autre part, que celle-ci, émanée de la moelle, sert aux mouvements du cœur.

Quoi qu'il en soit, Legallois chercha à déterminer expérimentalement l'influence de la moelle sur l'organe central de la circulation, et sa conclusion fut que le cœur soutire le principe de ses battements *de tous les points* de la moelle épinière, par l'entremise du grand sympathique qui provient de cet axe nerveux (2).

D'après Legallois, la conclusion qui précède est rigoureusement établie par les expériences suivantes :

a. Chez un lapin *âgé de vingt jours* (3), ayant introduit un stylet dans le canal vertébral, entre la dernière vertèbre du dos et la première lombaire, cet expérimentateur détruisit toute la portion lombaire de la moelle. Au bout d'une minute et demie, la respiration s'arrêta et fut bientôt remplacée par des bâillements assez rares qu'accompagnaient de faibles mouvements du thorax, et qui cessèrent tout à fait *à trois minutes et demie*, époque à laquelle il n'y avait plus aucun signe de vie. Cette expérience, répétée sur deux autres lapins du même âge, eut la même issue. Legallois essaya, dans un cas, de prolonger l'existence en insufflant de l'air dans les poumons avant que la sensibilité et les bâillements fussent éteints; mais ces phénomènes disparurent tout aussi promptement que s'il n'avait rien fait. La mort était irrévocable.

b. Le même auteur détruisit la moelle dorsale sur des lapins âgés de vingt jours (4), en introduisant entre la première vertèbre lombaire et la dernière dorsale un stylet qu'il enfonça jusqu'à la dernière vertèbre du cou. La vie cessa au bout de *deux minutes*. Cette expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours le même résultat. L'insufflation pulmonaire fut encore pratiquée sans aucun succès.

c. Pour détruire la moelle cervicale chez des lapins du même âge que les précédents (5), le stylet fut introduit entre l'occipital et la première vertèbre. Sachant que la destruction de cette portion de la moelle diffère de celle des deux autres en ce qu'elle anéantit subitement tous les mouvements inspiratoires du

consciencieux observateur, touchant l'influence de la moelle sur l'*irritabilité musculaire*. Il en a conclu (page 37) : — « Que l'irritabilité *s'éteint* dans les muscles paralysés toutes les fois que les *parties de la moelle* d'où proviennent leurs nerfs *sont altérées* ou *détruites*; — qu'au contraire, elle *persiste*, malgré l'abolition du mouvement volontaire, toutes les fois que les *parties de la moelle* d'où proviennent les nerfs des muscles paralysés sont *saines*, quoique séparées du reste de l'organe et du cerveau ». Par son *pouvoir propre*, la moelle exerce donc une influence incontestable sur l'irritabilité musculaire.

(1) *Elementa physiologiæ*, t. IV, lib. x, p. 356.
(2) *OEuvres complètes*, avec des notes de Pariset. Paris, 1830, t. I, p. 144.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 72.
(4) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 74.
(5) *Ibid.*, p. 75.

thorax, Legallois pratiqua, surtout dans ces cas, l'insufflation pulmonaire avec le plus grand soin, afin de suppléer la respiration normale : mais tous les signes de vie ne s'évanouirent pas moins après *une minute et demie.*

Il résulterait de ces expériences : 1° que la destruction de l'une des trois portions de la moelle épinière est nécessairement mortelle en très peu d'instants chez les lapins de *vingt jours;* 2° que la destruction de la portion lombaire de cet organe tue moins vite que celle de sa portion dorsale, et surtout de sa portion cervicale, l'insufflation pulmonaire étant pratiquée dans les trois cas.

Legallois, voulant savoir s'il en serait de même à tout autre âge, reconnut (1) qu'en général la destruction de la moelle lombaire ne fait pas périr les lapins âgés de moins de *dix jours.* « Quand je dis, ajoute Legallois, que cette destruction ne fait pas périr les très jeunes lapins, je ne prétends pas affirmer qu'ils s'en rétablissent; je veux seulement dire qu'ils n'en meurent pas *presque subitement* à la manière des lapins de vingt jours et au delà, mais au bout d'un temps plus ou moins long. » Il avance aussi que « la destruction de la moelle dorsale n'est pas toujours très rapidement mortelle dans les tout jeunes lapins ». Quant à la destruction de la moelle cervicale, la plupart en meurent dès le premier jour de leur naissance. A la vérité, jusqu'à l'âge de dix jours, l'insufflation pulmonaire peut prolonger la vie de quelques-uns; mais, en général, ce n'est que pour un temps assez court, et les signes de vie qu'ils donnent sont faibles. Enfin la destruction simultanée des trois portions de la moelle est constamment et très rapidement mortelle à tous les âges.

Ce n'est, comme on l'a vu, que chez les lapins âgés de plus de vingt jours, que la mort survient presque subitement, d'après Legallois, par la suppression de l'une de ces trois portions.

La cause de la mort doit être rapportée dans ce cas, dit Legallois, à l'arrêt de la circulation. Mais on lui a objecté que le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, continuait de se mouvoir, et que, par conséquent, les contractions de cet organe devaient encore persister après la destruction de la moelle épinière. Legallois lui-même (2) avait reconnu, par l'expérience, l'exactitude de ces faits; mais, dans cette dernière circonstance, il regarde les mouvements du cœur comme tellement affaiblis, qu'ils ne peuvent plus entretenir la circulation, et comme seulement analoges à ceux qu'on observe dans les autres muscles qui demeurent irritables plus ou moins longtemps après la mort (p. 114) : « Dans ces derniers, dit-il, les mouvements n'ont lieu que quand on stimule directement le muscle ou le nerf qui s'y rend, et il n'y a qu'un mouvement pour chaque renouvellement du stimulus. Dans le cœur, les mouvements se répètent spontanément, parce que le sang qu'il contient en est le stimulus naturel. »

Pour démontrer qu'après la destruction de la moelle, la circulation générale est abolie, malgré la persistance des faibles contractions du cœur et malgré l'insufflation pulmonaire, Legallois (p. 86 et suiv.) cite l'absence d'hémorrhagie quand on coupe une grosse artère d'un membre, la vacuité et l'aplatissement des carotides, ou bien l'écoulement d'un sang noir provenant des artères. Toutefois il reconnaît que tous ces signes offrent quelque incertitude, quand il s'agit de prouver l'instantanéité de la cessation de la circulation après la destruction de la moelle épinière.

(1) *Ouvr. cité*, t. I. p. 70, 77 et suiv.
(2) *Ibid.*, p. 95.

En effet, lorsque les animaux sont fort jeunes et que le trou de Botal n'est point encore fermé, l'amputation d'un membre peut occasionner une hémorrhagie plus ou moins considérable, sans que la circulation continue; car les mouvements du cœur, qui, comme nous l'avons vu, subsistent toujours un certain temps après la mort, ont une force quelconque; et, quoique cette force ne soit pas suffisante pour entretenir la circulation, c'est-à-dire pour faire passer le sang des artères dans les veines, elle peut bien l'être pour le faire sortir par l'ouverture d'une grosse artère. Le sang veineux, qui s'accumule constamment après la mort dans les cavités droites du cœur, pouvant passer dans les cavités gauches par le trou de Botal, servira à entretenir l'hémorrhagie aussi longtemps que les mouvements du cœur conserveront quelque force.

Chez les tout jeunes animaux, les carotides étant fort petites et jouissant d'une grande contractilité, il n'est pas toujours facile de s'assurer si elles sont vides et aplaties, ou seulement contractées et rétrécies, par suite de l'affaiblissement de la circulation. En divisant ces artères, lorsque les battements affaiblis du cœur continuent encore, on peut néanmoins, au dire de Legallois, les trouver vides et plates chez les lapins, à quelque âge que ce soit.

D'après ce physiologiste, toutes les fois que le sang des artères ne devient pas rouge et que l'hémorrhagie artérielle continue d'être noire pendant l'insufflation pulmonaire, faite avec grand soin, c'est un indice que la circulation est arrêtée. Mais cette règle est elle-même sujette à quelques exceptions, lesquelles dépendent encore de l'existence du trou de Botal ou de la force relative du ventricule droit du cœur. Lorsque la circulation, sans être arrêtée, est considérablement affaiblie et qu'il ne passe qu'une très petite quantité de sang par les poumons, cette petite quantité de sang, en se mêlant dans l'oreillette gauche avec celle beaucoup plus grande qu'y verse l'oreillette droite par le trou de Botal, perd presque entièrement sa couleur vermeille, et il ne passe dans l'aorte que du sang à peu près noir.

A peine l'opinion de Legallois, qui fait résider dans la *moelle épinière* le principe des mouvements du *cœur*, commençait-elle à s'établir en France, qu'un physiologiste anglais, Wilson Philip (1), la combattit par des expériences desquelles il conclut, avec Haller, que l'action du cœur et de tous les muscles involontaires, indépendante du système nerveux, émane d'une force inhérente à la fibre musculaire.

Après avoir étourdi des lapins par un coup sur le derrière de la tête, Wilson Philip leur enleva la moelle épinière et le cerveau, et maintint la respiration par des moyens artificiels : malgré une semblable mutilation, il aurait vu la circulation et les mouvements du cœur s'opérer comme dans l'état de vie.

Flourens (2), dans ses expériences sur des lapins, des chats, des chiens, des cabiais et des poules, est parvenu, après la destruction de la moelle, et même de tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois. Cependant Flourens s'est bien gardé d'adopter la conclusion de Wilson Philip et de Haller : « Le système nerveux, dit-il (p. 223), concourt à l'énergie et à la durée de la circulation, non-seulement d'une manière

(1) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Functions*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv. (*Biblioth. univ. Genève*, 1819, t. X, p. 182).

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, etc.*, 2e édit., 1842, p. 216 et suiv.

générale et absolue, mais encore d'une manière spéciale et déterminée; car lorsqu'une région déterminée du système nerveux (*moelle*) est seule détruite, c'est toujours dans les seules parties correspondantes à cette région que la circulation se montre surtout affaiblie. Il y a donc une influence générale, c'est-à-dire de tout le système sur toute la circulation, et des influences locales et partielles des diverses régions de l'un sur les diverses régions de l'autre. » — Ainsi, lorsqu'on détruit une portion quelconque de la moelle, indépendamment du trouble général qui survient dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois et Treviranus étaient arrivés à ces mêmes résultats. Ce dernier physiologiste (1), après avoir lésé la moelle épinière sur des grenouilles, dit en effet avoir observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leur extrémité centrale au-dessous de la lésion, les pulsations des artères diminuaient de force et que la circulation finissait par s'y arrêter tout à fait. Une atteinte aussi grave portée à la circulation locale et capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter à cause des applications à la pathologie : elle pourrait servir à expliquer les changements qui surviennent dans la température des parties paralysées et dans les sécrétions de ces parties, comme cela a été observé, chez l'homme, dans certaines affections de la moelle épinière.

Contre les assertions évidemment exagérées de Legallois, je rappellerai que, dans les expériences que j'ai faites (1839-48) sur les cordons de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens *adultes*, retranché complétement la portion lombaire de cet organe, en y ajoutant la plus grande longueur de sa portion dorsale, et que la mort n'est survenue que plusieurs heures après cette grave mutilation. Plus récemment, Brown-Séquard (2) a constaté qu'après la destruction de la moitié (en longueur) de la moelle épinière, sur des pigeons, la vie peut durer aussi longtemps que chez ces oiseaux intacts. Le même observateur a conservé, pendant près de trois mois (du 8 avril au 4 juillet), un jeune chat auquel il avait enlevé toute la moelle lombaire. L'animal est mort par accident étranger à cette lésion.

La plupart des précédents résultats ne s'accordent donc guère avec les affirmations de Legallois.

Toutefois il y aurait aussi exagération et erreur à vouloir nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Cette influence existe, et il est rationnel de penser que l'irritation mécanique, chimique ou galvanique de la moelle épinière doit modifier ces mouvements. Haller (3), Spallanzani (4), Bichat (5), etc., disent, il est vrai, avoir irrité diversement la moelle, sans qu'il s'ensuivît aucune action sur le cœur. Si, disent-ils, les battements de cet organe s'en sont ressentis dans quelques expériences, le résultat leur a paru au moins douteux; car tantôt les convulsions des muscles volontaires, provoquées par l'irritation de la moelle épinière, pouvaient y avoir pris la plus grande part, tantôt la moelle pouvait n'avoir agi que comme conducteur humide, et non en vertu d'une relation spéciale entre elle et le cœur

(1) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.
(2) *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, t. II, p. 29. — *Id. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, t. XXX, p. 828. — Et *Experim. Researches*, p. 15.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 233.
(4) *Expér. sur la circulation*, p. 338, trad. franç.
(5) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort*. Paris, 1829, 5e édit., p. 476.

(Bichat). — Au contraire, quelques expériences de Wilson Philip (1) prouvent que l'irritation directe de la moelle épinière n'est pas sans effet sur le cœur (*). Elles nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques; mais que la dissolution d'opium ou l'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la *portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences (avec l'alcool) nous ont souvent réussi sur des animaux décapités, et les phénomènes se sont manifestés très rapidement. Les expériences concordantes de Clift (2), de Wedemeyer (3), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (4) a également vu, chez des chiens mis à mort, dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. — Nous-même, ayant préalablement lié les deux carotides primitives et les deux artères vertébrales, sur des chiens adultes, avons décapité ces animaux au-dessous du bulbe rachidien; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit, à l'aide d'une tige de fer, toute la moelle épinière; aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte. — Ajoutons que, quand on fait passer un fort courant d'induction dans la moelle d'un animal fraîchement décapité, on accélère les pulsations du cœur, que Budge (*loc. cit.*) a vues *cesser* en dirigeant le même courant à travers le bulbe rachidien.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien. Ollivier (d'Angers) (5) en rapporte quelques exemples : « Plusieurs malades, affectés de myélite chronique, dit cet auteur (6), m'ont signalé une remarque qu'ils avaient faite, et dont j'ai pu ensuite vérifier l'exactitude... Tous les matins, avant et pendant quelques heures après leur lever, le pouls est d'une irrégularité extrême; à mesure

(1) *Ouvr. cit.*, chap. II, p. 80 ; chap. XI, p. 243.

(*) Volkmann (MÜLLER'S, *Archiv.*, 1845, p. 416), à la suite de la *stimulation électrique* de la moelle épinière, a constaté des changements dans le rhythme des battements cardiaques. — J'avais déjà obtenu de semblables résultats, en faisant passer un courant électrique à travers la portion cervicale de la moelle d'animaux préalablement décapités.

(2) MECKEL'S *Deutches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, 1815.

(3) *Untersuchungen*, etc., p. 235. Cité par Burdach dans sa *Physiologie*, trad. franç., t. VII, p. 75.

(4) Cité par le même (*loc. cit.*).

(5) *Traité des maladies de la moelle épinière*, passim.

(6) *Ibid.*, t. I, p. 132, 3e édit.

qu'ils se livrent à quelque exercice, la circulation reprend son rhythme normal, les pulsations deviennent égales et régulières... Je ne doute pas que ces variations, continue Ollivier, ne soient dues aux degrés différents de congestions passagères des vaisseaux rachidiens, congestions sur lesquelles le décubitus dorsal et l'inaction prolongée ont une influence incontestable, qui sont naturellement plus fortes quand il y a maladie de la moelle épinière, et qui exercent une véritable compression sur ce centre nerveux. »

Un fait d'observation journalière démontre aussi que l'axe cérébro-spinal a de l'influence sur les mouvements du cœur. Comment expliquerait-on autrement les palpitations occasionnées par une vive impression morale? Il est vrai pourtant qu'un pareil fait ne peut concourir à démontrer que le cœur tire de cet axe nerveux le principe de ses mouvements, qu'autant qu'il est étayé d'autres faits plus probants.

Quelques contradicteurs, dans le but d'établir que les contractions du cœur sont indépendantes de l'influence de la moelle épinière, ont surtout invoqué les observations des fœtus amyélencéphales, chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on a répondu que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est pour ainsi dire qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est d'ailleurs dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales, et différentes de celles où se trouve l'enfant après sa naissance, et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur. D'après la remarque de Breschet et Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux: cela ne pourrait-il suffire pour augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal? Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathiques sont riches en substance grise et en vaisseaux, et que, jusqu'à un certain point, ils semblent être, comme la matière grise de la moelle elle-même, des centres producteurs de la force nerveuse.

On est d'autant plus porté à admettre que la seule intervention du grand sympathique est *d'abord* suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement, dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert, dans la substance même du cœur, des petits renflements ganglionnaires qui peut-être ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

En *résumé*, nous pensons qu'il n'existe aucun argument irrécusable en faveur de

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844.

la non-influence de la moelle sur les mouvements du cœur chez l'adulte; qu'au contraire des faits multipliés, empruntés à l'expérimentation et à la pathologie, établissent l'intervention nécessaire de la moelle pour l'entretien de la circulation.

Nous verrons plus loin, en étudiant les fonctions du *bulbe rachidien*, que plusieurs physiologistes font dériver surtout de cet organe le principe incitateur des mouvements cardiaques.

Mentionnons ici, en passant, l'action de la moelle épinière sur les *cœurs* dits *lymphatiques* (1). D'après Volkmann (2), les contractions rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle : de la portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs, et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (3), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (4). Si j'ai vu parfois les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs jours chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes ne paraissaient avoir conservé ni toute leur énergie ni toute leur régularité (*).

Influence de la moelle épinière sur la nutrition, les sécrétions et la calorification. — D'après les graves atteintes que peuvent subir la circulation et les phénomènes mécaniques de la respiration par suite des lésions de la moelle épinière, on doit prévoir que les actes qui se lient à l'activité du cours du sang, comme à l'exercice normal des forces respiratoires (sécrétions, nutrition, chaleur animale, etc.), doivent eux-mêmes être modifiés d'une manière fâcheuse par les lésions du cordon rachidien, surtout quand on se rappelle que, indépendamment de l'influence générale sur la circulation, chaque portion de la moelle en exerce une toute locale, d'où peuvent résulter des changements dans le cours du sang des parties empruntant leurs nerfs au tronçon médullaire lésé ou détruit.

En effet, dans les paraplégies un peu anciennes, dues à une altération profonde de la moelle, en général les membres inférieurs s'atrophient ou s'infiltrent par suite du trouble circulatoire, la peau qui les recouvre est sèche, elle cesse de sécréter la sueur, et l'épiderme s'exfolie continuellement. Il est vrai que, dans ces cas, l'inaction complète des membres a pu aussi contribuer à leur amaigrissement.

Selon Rachetti (5), la moelle épinière serait principalement chargée de présider à la nutrition. Cet auteur suppose que l'activité de cette fonction, dans les animaux, est en raison inverse de la masse du cerveau et en raison directe de celle de la moelle épinière; que cette loi s'observe non-seulement dans les vertébrés, mais

(1) J. MÜLLER, dans POGGENDORFF'S *Annalen*, 1832. — *Philos. Transact.*, 1833, p. 1. — *Abhandlungen der Acad. zu Berlin.*, 1839. — PANIZZA, *Sopra il sistema linfatico dei rettili, Ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.

(2) *Arch.* de J. MÜLLER, 1844, p. 419.

(3) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.

(4) *Ibid.*, p. 901, *Suppl.*, 8 janv. 1845.

(*) SCHIFF (*Jenaische Annalen*, t. II, p. 315) affirme avoir vu, sur des grenouilles, les cœurs lymphatiques postérieurs se contracter *trois mois* après la destruction de la portion correspondante de la moelle.

(5) *Della struttura, delle funzioni, e delle malattie della midolla spinale.* Milan, 1816.

encore dans les crustacés, les insectes et les vers, dont le cordon nerveux central, qui occupe toute la longueur du corps, représente la moelle épinière à l'extrémité de laquelle le cerveau ne forme qu'un léger renflement. C'est à cause de la prédominance de la moelle, d'après Rachetti, que ces animaux ont la propriété de reproduire des parties enlevées ou détruites, et qu'un seul individu peut être divisé en plusieurs parties qui deviennent elles-mêmes autant d'individus susceptibles d'accroissement.

Fray (1) avance que la moelle est chargée de coordonner et de régir, pendant la veille et le sommeil, les diverses opérations organiques d'où résultent la nutrition, les sécrétions, etc. On verra bientôt qu'on ne saurait non plus refuser au grand sympathique une certaine part dans un pareil rôle. (Voy. *Fonctions du grand sympathique.*)

L'influence de la moelle épinière sur la *sécrétion de l'urine* est admise par les uns, contestée par les autres.

Après la section de la moelle épinière au voisinage des vertèbres dorsales et lombaires, après sa destruction à partir de la dernière vertèbre du cou, Krimer (2) a reconnu que « l'urine devient claire comme de l'eau, et contient beaucoup de sels et d'acides, mais peu d'extractif ». L'ablation du cerveau et du cervelet, ajoute le même auteur, n'arrête pas la sécrétion urinaire, elle ne fait que changer légèrement les caractères de l'urine. Mais Brodie (3) dit avoir vu cette sécrétion se supprimer instantanément chez les animaux auxquels il avait enlevé le cerveau : tandis que Gamage (4) affirme, avec Krimer, qu'il n'en est point ainsi. L'effet observé par Brodie a lieu, selon Krimer, non pas quand on enlève le cerveau, mais lorsqu'on détruit la moelle allongée et la portion cervicale de la moelle épinière, destruction qui nécessite l'entretien de la respiration par des moyens artificiels.

Brodie (5), Home (6) et Hunkel (7) ont observé que l'urine contenait de l'ammoniaque libre après les lésions traumatiques ou les commotions de la moelle épinière. Naveau (8) prétend au contraire l'avoir trouvée fortement acide, chez des chiens, après la section de cet organe à la région dorsale ou lombaire.

Dans les expériences que j'ai faites à ce sujet, l'urine, sans être fortement acide, a toujours offert une acidité appréciable chez les chiens dont j'avais détruit la moelle dorsale (*) : il n'est pas permis de croire que cette urine préexistait dans la vessie, car la frayeur et la douleur avaient fait uriner les animaux, en grande abondance, avant et pendant l'opération. Ces résultats s'accordent avec ceux qui ont été obtenus plus récemment par Ségalas (9).

(1) *Essai sur l'origine des corps organiques et inorg.* Paris, 1817.
(2) *Physiol. Untersuchungen*, Leipzig, 1820, et dans *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XXV, p. 207.
(3) *Rec. cit.*, p. 206.
(4) *Rec. cit.*
(5) *Lectures on the Diseases of Urinary Organs.* London, 1832, p. 161.
(6) Cit. par Burdach, *Physiol.*, trad. franç., t. VIII, p. 205.
(7) *Journ. des connaiss. méd.-chirurg.*, août 1834, p. 376.
(8) *Experimenta quædam circa urinæ secretionem*, p. 24.

(*) SCHIFF (*Untersuch. über Diabetes; Soc. Roy. des sc. du Danemark*, 1857) a constaté qu'en pareil cas l'urine contenait de l'albumine et surtout de la glycose. Quelquefois la matière colorante du sang a passé dans l'urine.

(9) *Des lésions traumatiques de la moelle de l'épine, considérées sous le rapport de leur*

Mais je m'étais bien gardé de conclure, comme l'a fait cet expérimentateur, que l'influence de la moelle est nulle sur la sécrétion urinaire : car, dans le cours de mes vivisections, de nombreuses observations m'avaient démontré que les viscères, qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique, *sont loin d'être paralysés immédiatement par la section de ces filets, et que même leur action persiste bien au delà de la durée des expériences dans lesquelles Ségalas avait d'abord détruit la moelle* (1). Je me crois donc autorisé à soutenir qu'après une pareille lésion, les nerfs aboutissant à ces différents organes, et aux reins en particulier, ne font que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de la moelle, centre principal, sinon exclusif, de sa production ; d'où la persistance de la sécrétion rénale, aussi bien que celle des mouvements du cœur, du canal intestinal, des cornes utérines, etc. D'ailleurs, à propos de l'étude des fonctions du grand sympathique, j'aurai occasion d'insister sur les faits qui prouvent que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans ce nerf que dans les nerfs cérébro-spinaux, il s'y tient aussi en réserve beaucoup plus longtemps, même dans les filets ne communiquant plus avec aucun ganglion : alors je combattrai l'opinion erronée de ceux qui croient que le grand sympathique puise *exclusivement* en lui-même le principe de son activité.

On sait que, quand on se borne à couper la moelle épinière, chaque segment peut continuer d'agir comme centre spécial d'innervation. Aussi aurais-je passé sous silence, comme insignifiantes dans la question, celles des expériences de Ségalas dans lesquelles on a opéré cette sorte de lésion ou la destruction partielle de la moelle, si, même de ces expériences, il ne résultait que l'urée, les phosphates, les sulfates, l'acide urique et le mucus vésical ont subi des changements dans leur quantité relative. Dès lors, on ne s'explique guère la conclusion de cet auteur, c'est-à-dire que les lésions traumatiques de la moelle ne troublent point la composition de l'urine.

Cette conclusion, fondée surtout sur des résultats de vivisections, qui le plus souvent ont été observés dans un laps de temps trop court, ne s'accorde point avec celle de Brodie, Home, Hunkel, Stanley, etc. (2), qui ont recueilli des faits sur l'homme malade.

Chez un malade cité par le dernier de ces observateurs, et affecté d'une fracture avec déplacement de la cinquième et de la sixième vertèbre dorsale, avec division complète de la moelle en ce point, l'urine devint très abondante et fortement ammoniacale au cinquième jour : elle conserva ces propriétés jusqu'à la mort du blessé, qui eut lieu le vingt-sixième jour.

Un autre cas analogue s'est encore offert à Stanley. Il y avait chez un individu fracture et luxation du rachis, intéressant la huitième et la neuvième vertèbre dorsale, et paraplégie. Le quatrième jour, l'urine prit une odeur fortement ammoniacale, et l'analyse chimique y démontra en effet la présence d'une grande proportion d'ammoniaque.

Il est vrai qu'en pareil cas on avait supposé que l'urine ne devenait alcaline que dans la vessie, par suite de la paralysie de cet organe : mais des observations de

influence sur les fonctions des organes génito-urinaires (Paris 1844). Mém. lu à l'Acad. de méd. le 27 août et le 23 septembre.

(1) Durée de ces expériences : 15, 20, 30 minutes, 1 heure.

(2) *Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs* (*Arch. génér. de médec.*, 2e série, t. V, p. 101, 102, trad. de Richelot, 1834).

Smith (1) tendent à prouver que ce liquide est déjà alcalin avant d'arriver dans son réservoir. Toutefois il ne faudrait pas nier que l'alcalinité ne pût être augmentée par un séjour trop prolongé de l'urine dans la vessie et par le catarrhe que ce séjour y aurait développé.

Bellingeri (2) a constaté, sur le mouton, que l'inflammation de la moelle et de ses membranes est fréquemment accompagnée de l'inflammation du péritoine et des reins, que l'urine devient trouble et ressemble au sérum du lait coagulé. Réciproquement, Stanley dit avoir vu l'altération du rein déterminer consécutivement des affections de la moelle épinière. Il importe d'ajouter, pour démontrer les relations intimes qui existent entre ces deux organes, que, selon la remarque de Dupuytren (3), la paraplégie est de toutes les maladies celle dans laquelle les sondes, fixées dans la vessie, se recouvrent le plus souvent et le plus promptement d'incrustations salines (4).

La moelle épinière a-t-elle de l'influence sur la *sécrétion spermatique?* La réponse serait affirmative, si l'on en juge par ce qui a lieu souvent dans les cas de paraplégie complète ou incomplète résultant d'une myélite chronique ou d'autres altérations profondes de la moelle. Brachet (5), méconnaissant l'action propre de ce foyer d'innervation, regarde au contraire la sécrétion spermatique comme influencée exclusivement et directement par le système nerveux ganglionnaire : ce physiologiste prétend même l'avoir prouvé à l'aide d'expériences dont nous allons examiner la valeur, et que plus récemment Ségalas (6) croit avoir confirmées.

Brachet coupe la moelle en travers, sur des chats, immédiatement après un coït répété, c'est-à-dire quand il suppose que les vésicules séminales doivent être vides (*) ; puis, plusieurs jours après l'opération, les animaux sont sacrifiés, et les vésicules se trouvent remplies de sperme. Donc, selon Brachet, la sécrétion de ce fluide est indépendante du système cérébro-spinal. — Mais le tronçon inférieur de la moelle est un centre d'innervation qui a pu fournir encore aux filets testiculaires du grand sympathique l'influence nécessaire à la sécrétion du sperme; et par conséquent une pareille expérience est complétement insignifiante. C'était la *destruction*, et non la simple section de la portion lombaire de la moelle, qu'il aurait fallu pratiquer. La difficulté aurait ensuite consisté à faire survivre les animaux assez longtemps pour bien permettre les observations. L'exemple du paraplégique, rapporté par Brachet, ne parle pas davantage en faveur de son opinion, pour les mêmes motifs qui viennent d'être énoncés, et qui d'ailleurs s'appliquent aussi à une autre expérience qu'il a entreprise pour prouver l'indépendance où serait du système cérébro-spinal la *sécrétion* des ovaires.

(1) *Medical Gazette*. London, févr. 1832.
(2) *Annali univers. di med.*, fascicol. 92, 93, août et sept. 1824.
(3) *Leçons orales*, 1832.
(4) SÉGALAS (*Mém. cit.*) croit que la tendance que l'urine montre à former des dépôts autour des sondes tient, non pas à une altération de ce liquide, qui serait la conséquence immédiate de la lésion de la moelle, mais bien à l'inflammation catarrhale de la vessie qui vient tôt ou tard compliquer cette lésion.
(5) *Fonct. du syst. nerv. gangl.*, 1837, p. 289.
(6) *Mém. cit.*

(*) BRACHET dit avoir en effet reconnu que les vésicules séminales étaient vides chez plusieurs chats qu'il a tués aussitôt après l'accouplement.

Quant au phénomène de l'*érection*, dont quelques auteurs ont fait un signe pathognomonique des maladies du cervelet (1), il peut bien coïncider avec ces maladies, mais il est surtout un des effets les plus fréquents des lésions de la *portion cervicale* de la moelle épinière (2); on le remarque aussi, mais moins ordinairement, dans les lésions qui occupent les *portions dorsale et lombaire* de la moelle (3) : seulement, dans tous ces cas, les individus n'ont pas conscience de l'état de la verge, et n'y ressentent aucune sensation agréable ou pénible.

Les observations rapportées par Ollivier (d'Angers) sont confirmées par des observations analogues de Lawrence (4), Réveillon (5), etc. En se rappelant l'influence remarquable que la moelle, par l'entremise de ses nerfs vaso-moteurs, exerce sur la circulation capillaire, on s'est rendu compte de la turgescence morbide dont il s'agit.

On sait d'ailleurs que la pendaison, avec luxation des vertèbres cervicales, produit souvent l'érection, et même par fois l'éjaculation. A cette occasion, je dois rappeler que Ségalas (6) prétend avoir pu provoquer l'un et l'autre phénomène à l'aide d'irritations mécaniques dirigées sur la moelle. — Dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été impossible de reproduire de semblables résultats.

Examinons maintenant l'influence reconnue de la moelle épinière sur la *calorification*, tout en cherchant à caractériser cette influence dans son mode, à savoir, si elle est ou non immédiate, et s'il y a lieu de la rapporter plus particulièrement à une région déterminée de cet organe.

On ne peut nier assurément qu'il n'y ait tantôt une diminution et tantôt une augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie par suite de lésion spinale.

C'est surtout dans la myélite chronique, *avec perte de sentiment*, que la diminution de la température survient; et, si elle n'est pas toujours bien appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis. Toutefois, même dans les paralysies par lésions traumatiques des nerfs, comme le démontrent les recherches d'Earle (7), on constate, à l'aide du thermomètre, que la température d'un membre paralysé peut aussi être inférieure à celle du membre sain. Un marin dont le plexus brachial avait été déchiré par les fragments de la clavicule eut le membre correspondant paralysé du sentiment et du mouvement. La chaleur de la main saine était ordinairement de 72° Fahr., et celle de la main paralysée de 70°; la différence de température était moins prononcée à mesure qu'on se rapprochait du tronc, et l'on pouvait faire varier la température de 70° à 77°, en dirigeant un courant électrique dans le membre (8). Une jeune fille qui avait eu le nerf cubital coupé au-dessus

(1) SERRES, *Anat. comp. du cerveau*. Paris, 1827, t. II, p. 602 et suiv. — *Journ. de physiol. expérim.*, 1822, t. II, p. 172 et 249.

(2) OLLIVIER, d'Angers, *ouvr. cit.*, t. I, 3e édit., p. 270, 272, 276, 281, 284, 291.

(3) *Ibid.*, t. I, p. 316. 322, 333.

(4) ASTLEY COOPER, *Œuvres chirurg. compl.*, trad. de Chassaignac et Richelot. Paris, 1835-36, p. 192.

(5) *Archiv. génér. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 449.

(6) *Lettre sur quelques points de physiol.* (*Arch. gén. de méd.*, 1824, t. VI, p. 216).

(7) *Cases and Observations illustrating the Influence of the Nervous System in regulating Animal Heat* (*Med. Chir. Transact.*, 1819, t. VII, 2e édit., p. 173).

(8) *Rec. cit.*, p. 176.

du poignet offrit, dans l'intervalle de l'auriculaire et de l'annulaire, une température plus basse que dans l'intervalle des autres doigts (1).

Ces faits dus à l'observation sont sans doute exacts, et je me plais à croire qu'il en est de même des faits suivants, fournis par l'expérimentation. — Seulement il nous faudra essayer de donner aux uns et aux autres leur interprétation véritable.

Weinhold (2) porta un thermomètre de Réaumur dans le bas-ventre d'un chien; l'instrument marquait 25°. Il détruisit la moelle épinière, et observa que les poumons, le foie, la rate, l'estomac et le canal intestinal se refroidissaient; de sorte que la chaleur de l'animal ne fut, pendant cinquante minutes, que de 16°, celle de l'atmosphère étant de 15°.

Wilson Philip (3) observa aussi une diminution considérable de la température chez l'animal auquel il avait détruit des portions isolées de la moelle épinière. La destruction de la portion lombaire fit tomber, en trente-quatre minutes, la température de 98° Fahr. à 75°.

Les expériences de Chossat (4) sur la section de la moelle épinière lui donnèrent les résultats suivants : Lorsqu'il coupait la moelle immédiatement derrière la tête, la température tombait à 2°,53; elle descendait à 2°,32 quand la section avait lieu entre la seconde et la troisième vertèbre cervicale; à 2°,80 quand il la pratiquait entre la septième vertèbre du cou et la première du dos; à 2°,42 lorsqu'elle était faite entre la première et la troisième vertèbre dorsale; à 1°,92 s'il la faisait entre la seconde et la troisième; enfin à 1°,85 lorsque la section de la moelle était pratiquée entre la troisième et la quatrième vertèbre du dos.

Comme l'abaissement de la température augmente, d'après Chossat, à mesure qu'on divise la moelle épinière plus bas, cet auteur présuma qu'il ne dépendait pas immédiatement de cette section elle-même, mais de la paralysie du grand sympathique. En conséquence, il fit l'excision de ce nerf au-dessus du plexus solaire, et la température baissa à 1°,90 et 1°,58; d'où il se crut autorisé à conclure que le *grand sympathique est la source du développement de la chaleur animale*, et que son excision fait périr les animaux de froid.

En voulant bien admettre que toutes ces expériences soient exactes, nous les regardons comme parfaitement insignifiantes, en tant qu'on voudrait s'en servir pour arriver à une conclusion aussi hasardée que celle de Chossat, ou pour prouver l'influence *directe* de la moelle épinière sur le dégagement de la chaleur animale. Il est assurément bien permis de penser que les animaux mis en expérience par cet auteur se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants.

Nous avons dit plus haut qu'il y avait tantôt diminution et tantôt augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie par suite de lésion de la moelle, et nous venons de citer des exemples qui rentrent dans le premier cas : il nous reste à en signaler d'autres qui rentrent dans le second et aussi à dire d'où proviennent ces différences.

H. Nasse (5), au rapport de Schiff (6), serait le premier qui a noté l'élévation de température après la section de la moelle épinière ; il rapporte cet effet à la

(1) *Rec. cit.*, p. 180.
(2) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Influence du système nerveux sur la chaleur animale.* Paris, 1820, dissert. inaug.
(5) *Untersuch. zur Physiol. und Pathol.* Bonn, 1839.
(6) *Untersuch. zur Physiol. des Nervensystems*, 1er fasc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

fièvre. D'après Brown-Séquard (1), une hémisection latérale de la moelle épinière, à la région dorsale, est suivie d'une élévation de température du membre postérieur du côté correspondant et d'une diminution dans le membre du côté opposé. Schiff (2), en s'appuyant de ses propres expériences, assure avoir reconnu que la température ne s'élève, dans le membre paralysé du mouvement (c'est-à-dire correspondant à l'hémisection) que dans la jambe, le pied et les doigts, mais non à la cuisse ; il n'admet pas d'ailleurs qu'il y ait toujours une diminution de température dans l'autre membre. Pour Schiff, qui croit devoir faire provenir spécialement *de la moelle allongée* tous les *nerfs vaso-moteurs*, plus l'hémisection latérale de la moelle est pratiquée près de l'encéphale, plus la température s'élève dans le membre postérieur du côté correspondant : « Cela résulte, dit-il, de ce que les nerfs vaso-moteurs de ce membre ne proviennent pas uniquement de la portion lombaire de la moelle. »

D'autres observateurs assurent, au contraire, qu'un grand nombre de ces nerfs s'arrêtent dans la moelle épinière elle-même, et surtout ils se refusent à reconnaître, comme insuffisamment démontrée, leur *décussation* dans la moelle, admise par Schiff. — Du reste, ce savant physiologiste pense, avec Brown-Séquard, que la section de la moelle amène toujours une dilatation paralytique des vaisseaux sanguins, d'où un afflux plus considérable de sang aux parties, et aussi, comme conséquence, une élévation sensible de température.

Suivant Schiff, les cas dans lesquels on a observé, comme précédemment, une diminution de température au lieu d'une augmentation, s'expliqueraient par l'extension passive et permanente des parties paralysées : « Si, dit-il, on coupe, chez un mammifère, tous les nerfs de l'un des membres postérieurs, et qu'on donne ensuite à tous les deux la même position, le membre paralysé, loin d'être le plus froid, est sensiblement le plus chaud, notamment à la jambe et au pied. »

Cl. Bernard (3) fait dépendre les différences dont il s'agit d'une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs : il croit que l'abolition du sentiment et l'abolition du mouvement volontaire donnent également lieu à un refroidissement des parties paralysées ; tandis que la section ou l'abolition d'influence du nerf grand sympathique (issu de l'axe cérébro-spinal) produit leur échauffement, sans doute en déterminant l'afflux du sang par suite de la dilatation des vaisseaux.

Influence de la moelle épinière sur le canal intestinal, la vessie et les organes génitaux. — La partie supérieure du tube digestif, c'est-à-dire le pharynx, l'œsophage et l'estomac, empruntant ses nerfs à la *moelle allongée*, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Quant aux organes génitaux, à la vessie et au canal intestinal, comme la moelle n'intervient en grande partie dans leurs fonctions que par l'entremise du grand sympathique, et comme, en parlant des usages de ce dernier, nous devrons revenir sur le concours que l'axe nerveux rachidien prête à ces divers organes (4), nous serons bref dans ce qui va suivre, et nous nous contenterons de mentionner l'action directe qu'il exerce sur plusieurs d'entre eux.

Dans les lésions de la moelle épinière, chez l'homme, on observe généralement une constipation plus ou moins opiniâtre, à laquelle peuvent succéder des évacua-

(1) *Experim. Researches applied to Physiol. and Pathol.*, p. 73-77. New-York, 1853.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 490.
(4) Voy. *Fonctions du grand sympathique.*

tions alvines involontaires : le même effet se produit, chez les animaux, à la suite de la section transverse de la moelle vers le milieu de la région dorsale. Alors il y a inertie de la tunique musculeuse, paralysie des sphincters interne et externe du rectum, qui reçoivent des filets spinaux directs surtout des troisième et quatrième branches antérieures sacrées, et la membrane muqueuse rectale ne jouit plus de la sensibilité en rapport avec le besoin de la défécation.

La stimulation de la moelle dorsale, par les irritants mécaniques ou par l'électricité, m'a paru, dans certains cas, réveiller les contractions du canal intestinal, mais toujours avec moins d'intensité que quand je déposais, à l'exemple de J. Müller (1), de la potasse caustique sur les ganglions solaires. Si Wilson Philip (2) a vu les mouvements de l'intestin grêle persister assez longtemps après l'ablation de l'axe cérébro-spinal, ces mouvements pouvaient tenir à un reste de force nerveuse tenue en réserve dans le système nerveux ganglionnaire.

On sait combien sont nombreuses les observations propres à démontrer que les lésions graves de la moelle s'accompagnent de la paralysie et de l'anesthésie du réservoir urinaire. Selon nous, les muscles du col vésical sont *seuls* sous la dépendance immédiate de la volonté et du système cérébro-spinal, tandis que le reste de la tunique musculeuse de la vessie est soumis au grand sympathique et hors de l'empire de la volonté. Si, de prime abord, l'excrétion des urines semble être un acte tout volontaire, c'est que, pour l'accomplir, se contractent en effet des muscles volontaires ou semi-volontaires, tels que le diaphragme, les muscles des parois abdominales, et surtout le releveur de l'anus; mais, hors le col de la vessie, tout cet organe se contracte à la manière de l'intestin grêle. Quoique nous avancions que les mouvements involontaires du corps de la vessie sont influencés par le grand sympathique, nous ne les regardons pas moins comme étant sous la dépendance médiate de la moelle, dans laquelle ce nerf puise surtout le principe de son action; aussi peuvent-ils finir par être paralysés, comme ceux du col vésical, dans les lésions de l'axe nerveux rachidien.

Ollivier (d'Angers) (3) rapporte plusieurs observations qui prouvent que les maladies de la moelle peuvent déterminer une paralysie bornée au col ou au corps de la vessie.

Quant à l'intervention de la moelle épinière dans les contractions de l'utérus et des vésicules séminales, il en sera fait mention lorsque nous nous occuperons de l'étude du grand sympathique.

Toutefois rappelons, dès maintenant, que Budge (4), d'après des recherches toutes récentes, admet l'existence d'un nouveau centre de mouvement dans la moelle épinière, qu'il nomme *centre génito-spinal* du grand sympathique. Ce centre, au dire de Budge, répond à la quatrième vertèbre lombaire (chez le lapin) et n'occupe qu'un espace de quelques lignes : « Il est la source des mouvements de la partie inférieure du *canal intestinal*, de ceux de la *vessie* et des *canaux déférents* » ; mouvements transmis à ces organes par le nerf sympathique lombaire (*).

(1) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 122.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*, passim.
(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 28 fév. 1859, t. XLVIII, p. 437.

(*) On sait que, déjà plusieurs années auparavant (1851), le même expérimentateur avait signalé, dans la moelle épinière, un autre centre d'action pour le nerf sympathique cervical : c'est le *centre cilio-spinal* situé entre la sixième vertèbre du cou et la quatrième de la poitrine, « et source, dit BUDGE, des mouvements de dilatation de la pupille et des artères de la tête ».

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DE L'ENCÉPHALE.

Ayant déjà envisagé, sous un point de vue général, les principaux attributs de l'encéphale (page 194 et suiv.), il nous reste à faire connaître le rôle particulier de chacune de ses parties constituantes, qui sont, chez les vertébrés supérieurs : le bulbe rachidien; — la protubérance annulaire ou mésocéphale ; — les tubercules quadrijumeaux; — les couches optiques; — les corps striés; — les lobes cérébraux ou le cerveau proprement dit; — le cervelet.

Bulbe rachidien.

Les propriétés et les fonctions du bulbe rachidien participent de celles de la moelle épinière, en ce sens que, comme elle, sensible en arrière, il nous a paru tout à fait insensible en avant; qu'il concourt à transmettre les impressions et le principe des mouvements volontaires; qu'il jouit aussi, à un haut degré, du *pouvoir* dit *réflexe* ou *excito-moteur*.

Mais le bulbe n'est pas, comme la moelle épinière, un simple conducteur du principe des mouvements respiratoires; il est, au contraire, le foyer central et l'organe régulateur de ces mouvements de conservation.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la respiration. — Galien avait parfaitement reconnu ce fait aussi curieux qu'important, savoir, qu'il y a, vers le commencement de la moelle épinière, un point dont la section anéantit sur-le-champ la respiration et la vie chez les animaux : « Atqui perspicuum est, » dit-il (1), quod si post primam aut secundam vertebram, aut in ipso spinalis » medullæ principio sectionem ducas, repente animal corrumpitur » (διαφθείρεται παραχρῆμα τὸ ζῶον).

Lorry, ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce le même résultat en ces termes (2) : « Coupant la moelle de l'épine transversalement en plusieurs endroits, je produisais successivement différents degrés de paralysie. Quand je fus parvenu au cou, je fus fort étonné de voir qu'en plongeant ou un stylet, ou la pointe d'un scalpel sous l'occiput, j'excitais des convulsions, et que, *entre la deuxième et la troisième vertèbre*, loin de produire la même chose, l'animal mourait presque sur-le-champ, et que le pouls et la *respiration* cessaient absolument... »

Cependant ni Galien ni Lorry n'avaient rigoureusement déterminé cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même. De nos jours, Legallois a mis plus de précision dans ses recherches. « Ce n'est pas du cerveau tout entier, dit cet observateur (3), que dépend la respiration, mais bien d'un endroit assez circonscrit de la *moelle allongée*, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et *vers l'origine des nerfs de la huitième paire* ou pneumogastriques. Car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches,

(1) *De anatom. administ.* Leipzig, 1821, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn.
(2) *Académie des sciences, Mémoires des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.
(3) *Œuvres complètes.* Paris, 1830, avec des notes de Pariset.

on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, et ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée. Mais la respiration cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire. »

Aussi, après avoir été témoin des expériences de Legallois, Percy, dans son rapport à l'Institut (1), n'hésite-t-il point à affirmer que « le *premier mobile* (2), le » *principe de tous les mouvements respiratoires*, a son siége vers cet endroit de la » moelle allongée (*bulbe rachidien*) qui donne naissance aux nerfs de la huitième » paire (3). »

Or ces mouvements multiples de la respiration s'accomplissent soit à la tête (dans les narines, la bouche et le voile du palais), soit au cou (à l'extérieur et à l'intérieur du larynx), soit enfin au tronc (dans les épaules, les parois du thorax et de l'abdomen). C'est donc le jeu de ce mécanisme, dans son ensemble, qu'on peut voir s'arrêter par suite de la lésion précédente.

Il est d'ailleurs à peine besoin de faire observer ici que le bulbe rachidien n'est pas le premier mobile de la respiration, seulement parce qu'il donne origine aux nerfs pneumogastriques; ou, en d'autres termes, que la mort subite due à la lésion du bulbe ne résulte pas uniquement de la suppression d'influence de ces nerfs. Chacun ne sait-il point, en effet, qu'après la résection des pneumogastriques, chez les animaux *adultes*, la respiration, quoique gênée et laborieuse, n'en continue pas moins pendant un temps encore assez long? Si l'hypothèse précédente était admissible, la mort, au lieu de survenir, dans ce dernier cas, du second au cinquième jour, devrait frapper les animaux à l'instant même, comme quand le bulbe lui-même est lésé.

Après Legallois, Flourens (4) a cherché à fixer d'une manière plus précise encore le véritable siége, dans le bulbe rachidien, de l'organe qu'il nomme *premier moteur* du mécanisme respiratoire, *point central* du système nerveux. Ce physiologiste, récapitulant les résultats obtenus sur six lapins, s'énonce ainsi (5) :

« J'ai dit plus haut que ce *point* commence avec l'origine de la huitième paire et s'étend *un peu au-dessous*. Pour en déterminer les limites avec plus de précision, je mis à nu, sur les lapins que je venais d'opérer, toute la partie supérieure de la moelle épinière cervicale et toute la moelle allongée. Je comparai soigneusement alors les diverses sections faites sur ces parties, et voici ce que je trouvai :

» La première section, ou la section pratiquée sur le premier lapin, l'avait été immédiatement *au-dessous et en arrière* de l'origine de la huitième paire; la seconde section se trouvait *une ligne et demie* à peu près au-dessous de cette origine; la troisième, environ *trois lignes*, et la quatrième, *trois lignes et demie* plus au-dessous encore. La cinquième section enfin avait eu lieu immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et la sixième près d'*une ligne* au-dessus de cette origine.

» Or les mouvements respiratoires de la tête avaient reparu dès la troisième section, et ceux du tronc dès la cinquième. La limite du *point central* et *premier*

(1) Séances du 9 septembre 1811.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 247.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 259.
(4) *Ouvr. et édit. cit.*, p. 196 et suiv.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 203 et 204.

moteur du système nerveux se trouve donc immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et sa limite inférieure, trois lignes à peu près au-dessous de cette origine. Ce point n'a donc, en tout, que quelques lignes d'étendue dans les lapins; il en a moins encore dans les animaux plus petits que ceux-ci; il en a un peu plus dans les animaux plus grands, l'étendue particulière de ce point variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale; mais, en définitive, c'est toujours d'un point, et d'un point unique, et d'un point qui a quelques lignes à peine, que la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, dépendent.

Guidé par les recherches de mes devanciers, j'ai fait également un assez grand nombre d'expériences, qui m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister; au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit la suspension instantanée de la respiration* (1).

A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches représentant de simples éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) *est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux* et apte à représenter, *au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation*. C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides antérieures et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Depuis la publication de nos expériences, en 1847, Flourens (2) s'est appliqué à définir, avec une précision nouvelle, le point de la moelle allongée qu'il appelle le *nœud* ou le *point vital*, et qu'il place « *à la pointe du V de substance grise* » existant en arrière de cet organe. Il ne s'agit plus ici, comme Flourens lui-même l'admettait autrefois, d'une partie offrant « quelques lignes d'étendue et variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale »; il s'agit, pour ainsi dire, d'un point mathématique dont l'ablation entraînerait l'extinction soudaine de la vie.

Pour faire cette expérience, « je me sers, dit Flourens, d'un petit emporte-pièce dont l'*ouverture a à peine un millimètre de diamètre*. Je plonge cet emporte-

(1) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux de l'homme et des animaux* (*Archiv. génér. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 377).

(2) *Note sur le point vital de la moelle allongée* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, octobre 1851, p. 437).

pièce dans la moelle allongée, en ayant soin que l'ouverture de l'instrument réponde au V de substance grise et l'embrasse. J'isole ainsi tout d'un coup le *point vital* du reste de la moelle allongée, etc., et tout d'un coup les mouvements respiratoires du tronc et les mouvements respiratoires de la face sont abolis... C'est donc d'*un point* qui n'est pas plus gros qu'*une tête d'épingle* que dépend la *vie du système nerveux*, la *vie de l'animal* par conséquent, en un seul mot, la *vie.* »

Cependant il nous a été souvent donné de voir, sur des lapins ou sur de jeunes chiens ayant subi une pareille lésion, les mouvements respiratoires persister avec leur rhythme ordinaire; ajoutons qu'étant d'autres fois parvenu à diviser exactement sur la ligne médiane le bulbe rachidien, dans toute sa hauteur, *en passant par la pointe du V de substance grise*, nous avions déjà vu antérieurement (1) la respiration continuer avec une certaine régularité.

Il n'en a pas été de même quand l'incision portait obliquement dans la profondeur du *faisceau gris* ou intermédiaire du bulbe : dans ces cas, parfois la mort a été instantanée, chez les chiens *adultes*, *alors même que la lésion était unilatérale.*

Il nous serait difficile de dire les véritables causes desquelles ont dû dépendre les différences des résultats obtenus par Flourens et par nous (*).

En résumé, toujours est-il que l'expérimentation démontre qu'on peut enlever, sur un jeune chien ou sur un lapin par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire, c'est-à-dire vider à peu près complétement la cavité crânienne (le bulbe rachidien et la moelle demeurant seuls intacts), et néanmoins voir les divers mouvements de la respiration continuer avec régularité; mais que,

(1) Voy. mon *Traité de physiologie*, 1re édit., Paris, 1850, t. II, 2e partie, p. 84.

(*) FLOURENS vient encore de publier de *nouveaux détails sur le nœud vital* (voy. *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 22 novembre 1858). Le petit emporte-pièce, « dont l'ouverture a *à peine un millimètre* de diamètre », ne paraît plus suffisant à FLOURENS pour isoler du reste de la moelle allongée le *point vital* auquel il reconnaît plus d'étendue qu'autrefois. « Le nœud vital, dit-il, est *double*, c'est-à-dire formé de deux parties ou moitiés réunies sur la ligne médiane, et dont chacune peut suppléer à l'autre. — Pour que la vie cesse, il faut que les deux moitiés soient coupées, et toutes deux dans la même étendue, dans une étendue de deux millimètres et demi chacune; pour les deux et en tout, *cinq millimètres.* — Une section transversale de *cinq millimètres* dans un point de la moelle allongée (c'est-à-dire passant sur le milieu du V de substance grise), voilà tout le peu qu'il faut pour détruire la vie. »

Si une pareille section, *quand elle est profonde*, fait cesser la vie, c'est que nécessairement, à ce niveau, elle porte sur le *noyau gris* ou *central* du bulbe (ou faisceau intermédiaire aux pyramides antérieures et aux corps restiformes) dont la destruction isolée, comme je l'ai démontré en 1847 (*loc. cit.*), suffit en effet pour produire l'arrêt instantané de la respiration.

Les expériences de SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, p. 323, Lahr 1858-59), et celles de BROWN-SÉQUARD (*Journal de physiol.*, 1er avril 1858, p. 217), sont en opposition avec celles de FLOURENS. « Ce n'est pas, dit Brown-Séquard, par suite de l'absence du *point vital* que les mouvements respiratoires s'arrêtent *quelquefois*, après l'ablation de ce petit organe, mais bien par suite d'une irritation de la moelle allongée et de la même manière qu'après la galvanisation des nerfs vagues. » — « L'irritation des parties voisines du point vital amène quelquefois l'arrêt de la respiration, bien que ce point ne soit pas lésé. — Le point vital de Flourens *semble* n'être pas essentiel à la vie. »

Si l'ablation de la moelle allongée peut faire perdre immédiatement la vie à un *animal supérieur* (mammifère ou oiseau) qui ne saurait vivre au delà d'une à trois minutes sans respiration pulmonaire, il n'en est plus de même, d'après les recherches de BROWN-SÉQUARD (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1847, t. XXIV, p. 363, et *Bull. de la Soc. philom.*, 1849, p. 117), des animaux à sang froid qui respirent aussi par la peau. La durée de la vie peut se compter par *mois* pour les batraciens, par *semaines* pour quelques autres reptiles, par *jours* pour les poissons ; — puis par *heures* pour les animaux hibernants (pendant l'hibernation et en employant l'insufflation pulmonaire), et par *minutes* pour les oiseaux et les mammifères.

si à l'aide de deux sections transversales du bulbe, on intercepte un segment ou une rondelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, tous ces mouvements de conservation s'arrêtent d'une manière brusque.

Ces faits prouvent donc que le principe qui régit le mécanisme respiratoire n'est pas réparti dans l'encéphale ou dans toute la moelle, mais qu'il siége réellement dans une portion circonscrite et déjà indiquée du bulbe rachidien.

Le foyer encéphalique des mouvements multiples de la respiration étant déterminé, on a dû se préoccuper de l'idée de découvrir, *dans la moelle épinière*, les voies spéciales de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs. Or, en parlant de l'influence de la moelle épinière sur la respiration, nous avons dit que Ch. Bell considérait la colonne latérale de cet organe comme destinée à conduire le principe des actes mécaniques respiratoires: mais on a déjà vu aussi que cette hypothèse n'a pas encore de preuves suffisantes, expérimentales ou autres. Au niveau du bulbe, la colonne latérale de la moelle, se prolongeant *en partie* derrière l'éminence olivaire, donnerait origine, selon le physiologiste anglais (1), aux nerfs accessoire de Willis, pneumogastrique, glosso-pharyngien et facial : « Il paraît donc, ajoute-t-il, qu'il sort quatre nerfs de cette colonne *qui n'en fournit aucun au système de la sensibilité*, *ni à celui du mouvement volontaire*. Il est prouvé en outre, par l'expérience, que ces nerfs excitent des mouvements dépendants de l'acte de la respiration. On ne peut douter que les mouvements du cou, de la gorge, de la face et des yeux, qui ont rapport à l'acte de la respiration ou qui en dépendent, ne lui soient associés par le moyen de ces nerfs. »

Assurément nous sommes loin d'adopter ici les assertions de Ch. Bell, qui presque toutes, à notre sens, sont erronées. — Et d'abord, l'anatomie démontre incontestablement : 1° que, parmi les nerfs crâniens influençant les mouvements respiratoires, le spinal et le facial sont les seuls qui proviennent de la colonne latérale de la moelle, prolongée, derrière les olives, dans le bulbe rachidien, la protubérance, etc.; 2° qu'au contraire, le glosso-pharyngien et le pneumogastrique (*portions ganglionnaires*) s'implantent dans le sillon collatéral postérieur du bulbe, sillon prolongé dans lequel s'implantent, plus inférieurement, toutes les racines spinales postérieures ou sensitives. Or, puisque les deux nerfs dont il s'agit naissent sur le même faisceau médullaire que ces racines, et sont, comme elles, pourvus de ganglions, ils doivent, dans la théorie de Ch. Bell lui-même, avoir des fonctions analogues, c'est-à-dire présider à la sensibilité et non au mouvement. D'ailleurs, le glosso-pharyngien n'envoie-t-il pas des filets à la muqueuse de la base de la langue, à celles du pharynx, de la trompe d'Eustache et de la cavité du tympan? Des divisions du pneumogastrique ne se ramifient-elles pas dans les membranes muqueuses qui tapissent le larynx, la trachée, les bronches, l'œsophage et l'estomac? Il y a donc erreur à soutenir, avec Ch. Bell, que les nerfs glosso-pharyngien et pneumogastrique, qu'il fait à tort provenir de la colonne latérale du bulbe, sont étrangers à la sensibilité. — Le même physiologiste émet encore une opinion inexacte, quand il avance implicitement que l'action des nerfs spinal et facial ne se lie en aucune façon aux mouvements volontaires. Je démon-

(1) *Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc.*, trad. de Genest. Paris, 1825, p. 13, 14, 32 et suiv.

trerai ailleurs que le spinal anime non-seulement les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze, mais encore ceux du larynx, du pharynx et la tunique contractile des bronches, etc. Or, la volonté n'a-t-elle donc aucune prise sur les muscles du larynx? De plus, la contraction de ceux de la face n'est-elle donc aucunement volontaire? J'exposerai plus loin les arguments qui prouvent que le glosso-pharyngien et le pneumogastrique, loin d'être des nerfs du mouvement respiratoire, comme l'admet Ch. Bell, sont au contraire des nerfs exclusivement sensitifs, si toutefois on fait abstraction du spinal et du facial qui s'anastomosent avec eux au delà de leur origine; si, en d'autres termes, on n'envisage que leurs *portions ganglionnaires*.

Mais, tout en rejetant la prétendue classe des nerfs respiratoires crâniens établie par Ch. Bell (*), nous ne pouvons nous empêcher d'admettre, en nous fondant sur nos propres expériences, que les fonctions du faisceau *intermédiaire* ou *latéral du bulbe* se rapportent à la respiration; car, comme nous l'avons déjà fait observer, tandis que les corps restiformes et les pyramides antérieures sont exclusivement formés de fibres blanches, c'est-à-dire d'éléments simplement conducteurs, lui seul est pénétré d'une quantité considérable de substance grise jaunâtre, riche en vaisseaux, et apte à représenter un foyer d'innervation au centre du bulbe rachidien. — Les *corps olivaires*, comme on l'a vu, dépendent du faisceau précédent, et, en dedans, se confondent avec lui. Ces sortes d'appendices latéraux, si développés dans l'espèce humaine, absents chez la plupart des vertébrés, sont regardés par Dugès (1) comme des centres nerveux particuliers dont l'usage serait lié à l'exercice de la voix. Toutefois ce physiologiste n'émet cette opinion qu'avec réserve, et ne donne d'ailleurs aucun argument sérieux pour l'appuyer. « L'olive, dit Serres (2), *est excitateur des mouvements du cœur;* le corps restiforme, *excitateur de la respiration pulmonaire.* Le cordon qui sépare ces deux faisceaux est *excitateur de l'estomac.* » Mais si l'on cherche, dans cet auteur, des raisons propres à justifier des localisations aussi précises, on est bien loin d'en trouver de plausibles.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la sensibilité et les mouvements volontaires. — Le bulbe rachidien n'est pas seulement l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire. C'est par lui que doivent passer les impressions pour être perçues, et les ordres de la volonté pour être exécutés: aussi les faisceaux du bulbe, d'ailleurs continus à ceux de la moelle, se prolongent-ils à travers les pédoncules cérébelleux et les pédoncules cérébraux, pour aboutir aux organes encéphaliques chargés d'élaborer les impressions et de produire le principe des mouvements volontaires. Or, ici s'offrent naturellement ces deux questions intéressantes: Peut-on déterminer le siége du mouvement et de la sensibilité dans le bulbe rachidien? La transmission des impressions et celle de l'action du cerveau sur les muscles volontaires s'opèrent-elles, dans le bulbe, d'une manière *directe* ou *croisée*?

Le premier de ces deux problèmes, fort difficile à résoudre directement par la voie expérimentale, nous semble résolu par l'induction et par les observations pathologiques: aussi osons-nous avancer que la partie antérieure du bulbe est des-

(*) Cet auteur rapproche des nerfs précédents celui de la quatrième paire ou *pathétique*, qu'il nomme nerf respiratoire de l'œil. (*Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc.*, p. 236.)

(1) *Physiologie comp.* Montpellier, 1838, t. I, p. 360.
(2) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 717.

tinée au mouvement, et sa partie postérieure à la sensibilité. En effet, puisque les cordons moteurs de la moelle se continuent directement avec ceux qui existent au-devant du bulbe, et que les cordons médullaires sensitifs se prolongent sans interruption derrière cet organe (où ils s'écartent pour recevoir les deux *pyramides postérieures*), il semble rationnel d'admettre que les uns et les autres conservent, dans toute leur étendue, les mêmes fonctions. D'ailleurs on ne trouve que des nerfs moteurs sur le faisceau antéro-latéral du bulbe (*hypoglosse*, *spinal*, *facial*, *moteur oculaire externe*), et l'on rencontre seulement des nerfs sensitifs sur son faisceau postérieur (portions ganglionnaires du *glosso-pharyngien*, du *pneumogastrique* et du *trijumeau*); ajoutons que, dans nos expériences, le premier faisceau nous a toujours paru insensible chez les animaux vivants (chiens et lapins), tandis que l'attouchement du second n'a pas manqué d'occasionner de la douleur. — Enfin nous nous fondons encore sur une observation fort intéressante recueillie chez l'homme par Lebert (1), et dans laquelle le trouble des facultés locomotrices et la conservation entière de la sensibilité ont coïncidé avec l'altération profonde de la partie antérieure du bulbe et l'intégrité de sa partie postérieure (*).

Quant à savoir si *les effets sont directs* ou *croisés* dans le bulbe rachidien, ou, en d'autres termes, si le trouble fonctionnel dépendant d'une lésion du bulbe se manifeste du même côté que cette lésion ou du côté opposé, ce problème a été diversement résolu par les expérimentateurs. Selon Flourens (2), qui a expérimenté principalement sur des pigeons, les effets sont directs dans le bulbe comme dans la moelle épinière. Magendie (3) cite une expérience confirmative de cette opinion et exécutée sur un chien. Au contraire, Calmeil (4), ayant opéré sur un mouton, affirme « qu'il existe dans la moelle allongée (*bulbe rachidien*) des effets *directs* et des effets *croisés* : directs dans les faisceaux postérieurs; croisés dans les faisceaux antérieurs. »

Dans les premières expériences que j'avais faites pour vérifier les précédentes assertions, les animaux (chiens et lapins) avaient présenté, du côté de la respiration, des accidents tellement graves, que les résultats m'avaient toujours paru trop

partie antérieure de la moelle allongée, des effets *croisés* semblables à ceux qui résultent des mêmes altérations dans le cerveau : lésions à droite, paralysie à gauche, et réciproquement. J'en ai publié, ajoute cet auteur, un exemple remarquable dans la première édition de mon ouvrage (1). »

On trouvera, dans mon *Traité du système nerveux* (tome Ier), à propos de la relation des faits pathologiques qui concernent la protubérance annulaire, des observations qui prouvent que, prolongés dans cet organe, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

D'après des expériences encore récentes, Oré (2) se croit fondé à admettre que le bulbe rachidien exerce une *action croisée sur le sentiment et sur le mouvement* mais que cette action n'est pas complète. Il a obtenu, dit-il, les effets qui justifient cette proposition, à l'aide de la section d'une moitié du bulbe rachidien *en avant de l'entrecroisement des pyramides antérieures.*

Après qu'on a coupé les deux faisceaux postérieurs du bulbe rachidien, les animaux peuvent rester sensibles aux *impressions douloureuses*, comme cela s'observe aussi après la section des faisceaux analogues de la moelle. Nous croyons que, dans les deux cas, sans déshériter ces faisceaux blancs de *toute* fonction sensitive, il y a lieu d'interpréter les faits de la même manière (voy. plus haut, p. 370).

Avant de terminer l'étude des fonctions du bulbe rachidien, rappelons l'attitude singulière observée chez les animaux auxquels on avait divisé l'un des *corps restiformes* ou faisceaux postérieurs de cet organe. Après l'opération, un chien et un lapin se sont roulés en cercle du côté de la lésion ; leurs yeux ont été déviés comme après la blessure de l'un des pédoncules cérébelleux. Je reviendrai plus loin sur ces faits.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec les mouvements du cœur. — A la suite d'expériences faites sur des mammifères, Budge (3) a émis, en 1841, l'opinion que les contractions cardiaques sont principalement sous la dépendance du bulbe rachidien. Ces contractions lui parurent pouvoir être encore modifiées par l'irritation des cordons antérieurs de la moelle, seulement jusqu'au niveau de la troisième ou de la quatrième paire cervicale. Plus récemment, il a entrepris d'autres expériences (4) qu'il regarde comme plus décisives que les premières en faveur de son opinion. Suivant cet expérimentateur, si l'on enlève à une grenouille le bulbe rachidien et la moelle jusqu'aux nerfs des extrémités antérieures, le nombre des battements du cœur diminue ; cette diminution s'observe également sur une seconde grenouille dont on a ménagé la portion respiratrice du bulbe, et chez laquelle, par conséquent, la respiration pulmonaire continue. D'autres fois, à l'aide d'un appareil électro-magnétique, Budge dirigea un courant à travers le bulbe rachidien, et *aussitôt le cœur cessa de battre*, tandis que le corps entier fut pris de mouvements convulsifs. Au contraire, le courant ayant été dirigé à travers la moelle épinière, les convulsions des membres eurent encore lieu, et les battements du cœur persistèrent ; puis la moelle fut mise à nu, retirée du canal

(1) *Ouvr. cit.*, 1823, p. 262, observ. XXXVI.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1854, t. XXXVIII, p. 930.
(3) *Untersuchungen über das Nervensystem.* Frankfurt a Mein, 1841, p. 132, 134.
(4) *Arch.* de ROSER et WUNDERLICH, 1846, V, p. 319 et 540. — R. WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

vertébral et renversée du côté de la tête. Alors on appliqua les extrémités des rhéophores sous la face inférieure du bulbe, et le cœur interrompit aussitôt ses battements, sans qu'il survînt des convulsions dans le reste du corps. — Enfin, dans une autre série d'expériences, Budge, ayant fait passer des courants électriques dans les *nerfs vagues*, vit encore le cœur *suspendre* tout à coup *ses contractions*, phénomène qu'il n'observa jamais en agissant sur la portion cervicale du grand sympathique.

Ainsi, d'après Budge, le cœur emprunterait au bulbe le principe de ses mouvements, et ceux-ci ne seraient point influencés par la respiration, puisqu'on les verrait s'arrêter ou diminuer de fréquence quand la respiration continue; la force incitatrice des contractions cardiaques aurait la paire vague pour agent exclusif de transmission; la stimulation électrique de cette paire nerveuse et du bulbe rachidien, au lieu d'exciter le cœur, le *mettrait au repos*. Cet état de repos, dans lequel le cœur serait dilaté et rempli de sang noir, est comparable, pour Budge, à un état tétanique; pour d'autres physiologistes, c'est un phénomène passif qui résulte d'un épuisement momentané.

D'après leurs recherches, Ed. et E. H. Weber (1) avaient été conduits, de leur côté, à formuler des conclusions à peu près analogues aux précédentes, et en partie confirmées par Mayer (2).

Je dois avouer que je ne fus pas heureux dans les tentatives assez nombreuses que je fis d'abord, sur des chiens, pour reproduire les résultats obtenus par ces physiologistes. Mais, plus tard, je pus reconnaître que l'emploi d'un appareil d'induction trop faible avait causé l'insuccès. Plus de doute, à mes yeux, qu'un courant énergique, passant par le bulbe ou les nerfs vagues, ne suspende temporairement les battements du cœur. — Il ne me paraît guère possible de soutenir la théorie qui admet des nerfs dont l'excitation ferait cesser le mouvement des parties qu'ils animent. Il est plus rationnel de croire que de pareils résultats s'expliquent par un épuisement nerveux momentané, dû au passage d'un courant énergique : en effet, chez un animal récemment tué, une galvanisation assez faible de la moelle allongée, ou bien une simple excitation mécanique des nerfs vagues, au cou, peuvent parfois provoquer quelques contractions cardiaques, comme s'il s'agissait de tout autre nerf en rapport avec un organe contractile quelconque.

Selon Budge (3), la stimulation électrique du bulbe rachidien provoque aussi les mouvements de l'estomac et ceux de l'intestin cæcum : jusqu'à présent, aucune de ces expériences ne m'a réussi.

C'est en pratiquant une piqûre à la partie postérieure du bulbe rachidien, sur le plancher du quatrième ventricule, et dans le voisinage de l'origine des nerfs pneumogastriques, que Cl. Bernard (4) a rendu des animaux momentanément diabétiques. Pour l'instant, nous ne faisons que mentionner cette intéressante expérience.

(1) *Arch. d'anat. génér. et de physiol.* Paris, 1846, p. 9. — WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.
(2) FROHIEP'S *Notizen*, 1846, t. XXXVIII, n° 834, p. 314.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Leçons sur l'anat. et la physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 307 et suiv.

Protubérance annulaire, pédoncules cérébelleux et cérébraux.

Les fibres transversales de la protubérance annulaire ne formant qu'un même système avec les pédoncules cérébelleux moyens, et ses fibres longitudinales constituant par leur réunion les pédoncules cérébraux, nous pensons devoir rapprocher l'étude physiologique de ces divers pédoncules de celle de la protubérance annulaire.

Protubérance annulaire ou mésocéphale.

Sous la dénomination de *moelle allongée*, on a souvent confondu en un seul organe la protubérance annulaire et le bulbe rachidien; mais, comme les fonctions de l'une sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, nous ne saurions croire, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant avaient manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait connaître le rôle de la première en nous bornant à exposer le rôle du second, c'est-à-dire de l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire.

Les animaux dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux manquent de fibres transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom de *pont de Varole*, et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébelleux; aussi le pont de Varole, qui forme un bourrelet saillant au-devant du bulbe et au-dessous des pédoncules cérébraux, n'existe-t-il que chez les mammifères, où il est dans un rapport constant de volume avec les hémisphères précédents.

Mais, de ce que le *pont de Varole* manque chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, il ne faudrait pas en conclure la non-existence de la protubérance proprement dite chez ces animaux; car ce qui constitue essentiellement la protubérance, ce ne sont point ses fibres transverses superficielles dont les usages semblent se lier à ceux des lobes latéraux du cervelet, mais bien un amas central de substance grise, qui la rend apte à représenter un centre d'innervation. Or, chez les animaux de ces trois dernières classes, on trouve, à la suite du bulbe et comme confondu avec lui, un pareil amas de substance grise, plus ou moins saillant, recouvert d'une couche mince de substance blanche, et que, par conséquent, au point de vue anatomique et physiologique, nous sommes amené à considérer comme l'analogue de la protubérance des mammifères.

Signalons d'abord l'action des irritants sur cet organe.

L'excitation directe de ses fibres transverses (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions appréciables; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes chez des animaux récemment tués, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance; toutes les fois, par exemple, que les extrémités des rhéophores ont été plongées assez profondément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de l'organe.

Lorsque, chez des animaux vivants, il m'est arrivé de toucher, même légèrement, la face postérieure de la protubérance, il y a eu manifestation de douleurs; ce qui s'explique par la présence, dans ce point, des divisions ascendantes des faisceaux postérieurs de la moelle et du bulbe. Le plus souvent l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de la protubérance, surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des

quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transverses superficielles) sans l'écarter un peu de la gouttière basilaire et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Après avoir démontré que, dans la protubérance, il y a des parties sensibles et d'autres insensibles, des parties excitables et d'autres inexcitables, il s'agit de reconnaître quel est son rôle au milieu des autres renflements encéphaliques.

On sait qu'avant de s'irradier dans les hémisphères cérébraux, les faisceaux sensitifs et moteurs de la moelle traversent en partie la protubérance annulaire ; aussi est-il facile de prévoir que ses lésions devront troubler l'exercice du mouvement et de la sensibilité. C'est en effet ce dont on pourra se convaincre en prenant connaissance des faits pathologiques relatifs à cette partie de l'encéphale (1).

Ces mêmes faits démontrent encore, beaucoup plus sûrement que les vivisections, l'*action croisée* de la protubérance, au moins sur le mouvement (*).

Mais cet organe n'agit pas seulement comme conducteur du principe nerveux ; il est encore par lui-même, et sans doute à cause du noyau considérable de substance grise qui existe dans son intérieur, un centre spécial d'action.

Mes propres expériences m'ont conduit à admettre : 1° que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien; 2° que, relativement à la sensibilité générale, la protubérance est un centre de perceptivité, qui, suivant les cas, agit seul ou avec le concours des lobes cérébraux.

En m'occupant de la question de savoir s'il existe, dans l'encéphale, un siége

d'effets d'*action réflexe*, et qu'en réalité ces individus n'ont *rien senti*, puisqu'ils le disent à leur réveil. Notre conviction profonde est qu'il y a eu sensation de douleur, et que son souvenir seul a fait défaut. Assurément, il n'y a souvenir que s'il y a eu perception; mais il n'y a pas nécessairement souvenir toutes les fois qu'une perception a existé. Dans l'état de demi-sommeil, que d'idées aussi traversent notre cerveau et qui, l'instant d'après, nous échappent!

Pédoncules cérébelleux.

Trois pédoncules, distingués en *inférieur*, *moyen* et *supérieur*, établissent, de chaque côté, les connexions du cervelet avec le reste de l'axe cérébro-spinal.

1° *Pédoncules cérébelleux inférieurs.* — Ils ne sont autre chose que les corps restiformes ou la continuation directe des faisceaux postérieurs de la moelle. D'après Rolando (1), la lésion de l'un de ces pédoncules déterminerait, chez les animaux, une attitude singulière dans laquelle leur corps se courberait en arc du côté de la blessure. Magendie (2) a obtenu le même résultat.

Mes propres expériences m'ont démontré que le phénomène signalé par Rolando ne survient jamais quand la section est réellement limitée au pédoncule cérébelleux inférieur ou corps restiforme, et qu'il se manifeste seulement dans le cas où le faisceau sous-jacent (*faisceau intermédiaire du bulbe*) a été lui-même lésé.

Dans aucune de mes expériences, je n'ai observé la tendance au recul que Flourens (3) a notée après la blessure des pédoncules inférieurs du cervelet.

Ces pédoncules paraissent être en rapport avec la transmission à l'encéphale d'un certain ordre d'impressions sensitives (impressions de contact) (voy. p. 370). Ce n'est pas qu'à leur lésion je n'aie vu constamment succéder un affaiblissement notable des facultés locomotrices; mais, pour des raisons déjà émises précédemment et fondées sur l'étroite solidarité qui unit les actes moteurs aux actes sensitifs, je me suis bien gardé d'en conclure que les uns et les autres sont influencés *directement*, et à la fois, par ces pédoncules.

2° *Pédoncules cérébelleux supérieurs.* — Comme les précédents, les pédoncules supérieurs du cervelet, ou *processus cerebelli ad corpora quadrigemina*, ont occasionné de la douleur toutes les fois que je les ai irrités chez les chiens et même chez les lapins, où ils sont plus faciles à découvrir. Leur sensibilité rappelant celle des faisceaux postérieurs de la moelle, il ne répugne pas d'admettre qu'ils en soient les prolongements; d'ailleurs, on sait qu'une portion directe de ces faisceaux, après avoir parcouru la face postérieure de la protubérance, vient s'adjoindre aux pédoncules supérieurs du cervelet, au moment où ceux-ci s'engagent au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Les pédoncules cérébelleux supérieurs, qui bientôt font partie de l'étage supérieur des pédoncules cérébraux, auraient donc pour usage probable de transmettre certaines impressions aux ganglions encéphaliques placés au-devant du cervelet. L'opération préalable, qui consiste à les mettre à nu, ayant déjà troublé le mouvement, je n'ai pas remarqué que ce trouble fût sensiblement augmenté par leur lésion. Il est vrai que je n'ai pu davantage constater avec certitude quelles modifications survenaient dans l'exercice de la sensi-

(1) *Saggio sulla vera struttura del cervello*, etc. Sassari, 1807, p. 128.
(2) *Leçons sur les fonct. et les maladies du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 295, 299.
(3) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit. Paris, 1842, p. 490.

s, une incision comprenant la partie correspondante du cervelet, il a vu
ux ne pouvoir plus se soutenir « *et rouler comme une boule* ». — Je ne
qu'on ait jusqu'à présent rapporté ce résultat expérimental à son véritable
j'ai cru devoir réparer cet oubli.

servation pathologique fort curieuse, citée par Serres (3), étant venue
'assertion de Pourfour Du Petit, celle-ci fut bientôt confirmée par de
expériences.

ne tournoiement a lieu si l'on divise, un peu en dehors de la ligne
le *pont de Varole*, c'est-à-dire les fibres transverses et superficielles
ubérance. Toutefois il est d'autant plus rapide, chez les animaux, que la
rte plus spécialement sur l'un des pédoncules cérébelleux moyens pro-
dits. Après cette section, Magendie (4) a noté les mouvements extraor-
t la position des yeux : l'œil du côté blessé se porte en bas et en avant ;
côté opposé est fixé en haut et en arrière, ce qui donne à la face une
pression.

t ce physiologiste, le mouvement rotatoire se produit toujours *du même*
a section. « Comme j'avais coupé, dit-il, le pédoncule gauche, le mou-
e rotation avait lieu de droite à gauche (5)... L'animal roule latéralement
ù le pédoncule est coupé, et quelquefois avec une telle rapidité, qu'il fait
ixante révolutions par minute (6). »

nes expériences, au contraire, la rotation a eu lieu *du côté opposé à la*
Ainsi, le pédoncule droit était-il coupé, l'animal roulait sur lui-même de
gauche (*). Or le résultat que j'ai obtenu s'accorde parfaitement avec les
ons pathologiques. En effet, le malade de Serres tournait sur lui-même
ans le pédoncule droit du cervelet ; la
le plus souvent à droite, et une exos-
he. Un mouton chez lequel le pédon-

cule moyen *droit* du cervelet était ramolli et comprimé par un kyste roulait *de droite à gauche*, selon l'axe de sa longueur (*). Enfin, dans une dissertation remarquable, Lafargue (1), s'appuyant sur ses propres expériences, annonce, comme nous, que « la rotation selon l'axe du corps s'opère toujours *du côté de la section vers le côté opposé* ».

A l'époque à laquelle il assistait à mon cours de vivisections (1844), Schiff (de Francfort), dans le but de découvrir la cause de la contradiction entre ce que je lui montrais et ce qu'avait observé Magendie, tenta diverses expériences dont il fit connaître les résultats dans un Mémoire publié l'année suivante (2). Lorsque le pédoncule moyen avait été atteint en arrière, à travers l'espace occipito-atloïdien mis à nu, il vit les animaux (lapins) tourner *du même côté que la section;* tandis que, comme je l'avais observé moi-même, il les vit tourner du *côté opposé* quand le pédoncule avait été lésé en avant. Toutefois Schiff attribue ce dernier effet plutôt à la lésion de l'hémisphère cérébelleux correspondant qu'à celle de son pédoncule. Je ne puis admettre cette opinion de Schiff : celle que j'adopte se fonde à la fois sur les nouvelles expériences que j'entrepris immédiatement après les siennes, et sur la structure de la protubérance et des pédoncules moyens du cervelet.

Toutes les fibres des colonnes motrices antéro-latérales de la moelle sont loin de s'entrecroiser au niveau du lieu où s'opère la décussation des pyramides, et le *faisceau intermédiaire* du bulbe est précisément constitué par toute la portion de la colonne médullaire antéro-latérale, qui ne se continue point avec la pyramide du côté opposé (3). Or, placé d'abord entre l'olive et le corps restiforme, ce faisceau remonte vers la protubérance et bientôt s'y trifurque : la première division, échappée à tout entrecroisement, s'incurve en dehors pour s'adjoindre aux fibres transverses du pédoncule cérébelleux moyen qui, de la sorte, *contient en arrière des fibres non entrecroisées;* des deux autres divisions, l'une, le faisceau triangulaire latéral de l'isthme, concourt à former une commissure transversale au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et l'autre, rapprochée de la ligne médiane, longe la face postérieure de la protubérance sur laquelle elle fait saillie. Cette dernière division, fort importante à considérer dans la question qui nous occupe, donne lieu à un entrecroisement fibrillaire facile à apercevoir au sein de la protubérance, quand on écarte son sillon médian jusqu'au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Parmi les fibres entrecroisées, les unes se dirigent vers le pédoncule cérébral opposé dont elles constituent l'étage moyen; les autres s'infléchissent en dehors pour concourir à former la partie fasciculée antérieure de la protubérance et du pédoncule cérébelleux moyen du côté également opposé : *chacun des pédoncules cérébelleux moyens contient donc, en avant, des fibres entre-croisées.*

En me fondant sur ces données anatomiques, qui me paraissent incontestables, je m'explique comment, d'une part, on obtient des *effets croisés* en lésant en avant l'un des pédoncules cérébelleux moyens, quand bien même l'hémisphère

(*) Cette observation et la pièce pathologique m'ont été communiquées par GAVARRET, qui les avait recueillies à l'école d'Alfort.

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs.* Paris, 14 mai 1838, thèse inaug. n° 115, p. 17.

(2) *De vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales,* auctore Mauritio SCHIFF. Bockenhemii prope Francofurtum ad Mœnum, 1845.

(3) Voy. tome I, pl. II, fig. 4, et pl. III, fig. 1, de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

cérébelleux correspondant n'a pas été atteint (1); comment, d'autre part, on observe des *effets directs*, quand on blesse en arrière l'un de ces mêmes pédoncules. Mais toutes les fois que, dans mes expériences, au lieu d'être limitée soit à la partie antérieure, soit à la partie postérieure de l'un des pédoncules, la section en a été complète, ce sont encore les *effets croisés* qui l'ont emporté : preuve que les fibres pédonculaires entrecroisées l'emportent aussi en nombre sur les fibres directes. Cela revient donc à dire que le mouvement rotatoire s'opère constamment du *côté le plus fort vers le côté le plus faible;* assertion que confirment pleinement les observations pathologiques déjà mentionnées.

Quant à la production même du singulier mouvement qui nous occupe, Lafargue propose de l'expliquer de la manière suivante : « Il suffit, dit-il, de réfléchir sur le mécanisme de la locomotion normale des quadrupèdes, pour voir qu'étant données deux conditions, la *chute sur un côté paralysé* et l'*activité isolée de deux membres*, les efforts de ceux-ci produiront la rotation selon l'axe, par cela même qu'ils agiront seuls en poussant tout le corps vers le côté faible. Supposez qu'un lapin paralysé du côté gauche (par la section du pédoncule droit) tombe sur ce côté (gauche), les membres droits, occupant le plan supérieur, pousseront à gauche et en bas, et, dans leurs premiers efforts, ils feront décrire au corps un quart de cercle, de manière à mettre le ventre en l'air; l'impulsion de droite à gauche répétée faisant exécuter de nouveaux mouvements en quart de cercle, les extrémités paralysées, le dos, les membres sains, le ventre, occuperont successivement le plan supérieur, ainsi de suite; et le mouvement rotatoire résultera de cette succession. »

Nous ne saurions admettre, avec Lafargue, qu'un pareil mouvement résulte, comme il l'avance, de l'activité isolée des deux membres d'un même côté, et nous allons motiver ce dissentiment. Il est vrai que la faiblesse semblerait de prime abord devoir être plus prononcée dans les membres du côté opposé à la lésion, puisque la chute a lieu sur ce côté ; et pourtant, l'animal étant tenu sur le dos, on voit les quatre membres s'agiter en désordre avec une certaine énergie qui ne paraît pas différer à gauche et à droite. D'ailleurs, cette différence existât-elle, on serait en droit de se demander pourquoi tant d'autres lésions qui produisent l'hémiplégie croisée ne seraient pas suivies du même mouvement rotatoire. La vérité est, comme l'a établi Schiff, que, bien qu'on ait lié préalablement les quatre membres, ce mouvement n'en a pas moins lieu. D'après mes propres observations, qui confirment celles de cet expérimentateur, j'attribue sa production, non à la paralysie des membres d'un côté et à l'activité persistante des membres de l'autre, mais, suivant les cas, à une paralysie directe ou croisée qui a atteint, dans un côté, les muscles de la nuque et ceux des portions cervicale et dorsale de la colonne épinière. Notre opinion se fonde sur l'observation directe. En effet, on voit la rotation commencer dans ces portions, qui bientôt entraînent avec elles la portion lombaire et les membres abdominaux. Quand, par hasard, en se soutenant à l'aide de ces derniers, l'animal résiste au mouvement rotatoire, son train postérieur est comme tordu sur l'antérieur, qui repose latéralement sur le sol. On voit aussi la tête se tordre elle-même sur la colonne cervicale, de manière que l'une de ses faces latérales regarde en haut et l'autre en bas. Cette position forcée de la tête n'est-elle pas étrangère au strabisme, aux mouvements bizarres qu'on observe alors

(1) Cette remarque répond à l'objection de SCHIFF.

ılaires, et peut-elle donner lieu à une sensation de vertige qui duire le tournoiement? Nous ne pouvons que le supposer.

ion motrice, transmise plus spécialement aux muscles indiqués es cérébelleux moyens et les nerfs qui leur correspondent, elle fois du cervelet et surtout de la protubérance annulaire, foyer

ues *cérébraux*.

Ces pédoncules, qui renferment dans leur épaisseur les prolongements des deux ordres de faisceaux (moteur et sensitif) de la moelle épinière, ont pour usage *principal* de transmettre les impressions aux lobes cérébraux et l'influence de la volonté aux organes locomoteurs. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que la section complète des deux pédoncules, à leur sortie de la protubérance, suspende toute manifestation de sensibilité et de mouvement; car, dans mes expériences, cette section a été loin de paralyser les membres d'une manière absolue; elle n'a point non plus empêché les animaux d'accuser, même par des cris, les excitations douloureuses qu'on leur faisait subir. Je me suis expliqué ces résultats par l'intégrité de la protubérance annulaire, qui, comme on l'a vu (p. 211 et suiv.), semble être à la fois un centre perceptif et un foyer d'innervation locomotrice. La lésion précédente, par suite de laquelle la station devient impossible, empêche seulement la transmission des ordres de la volonté aux muscles et l'exercice *complet* de la sensibilité, attendu qu'ainsi on a interrompu toute communication entre les organes et les lobes cérébraux, centre unique de la volition des mouvements et de l'élaboration intellectuelle des sensations.

Quand, au lieu de diviser complétement les deux pédoncules cérébraux, j'ai seulement blessé l'un ou l'autre (*), voici le résultat constant que j'ai obtenu et que je crois avoir le premier signalé, du moins dans ce cas. — Toutes les fois que la lésion partielle a été pratiquée immédiatement au-devant de la protubérance, ou un peu au delà, les animaux (lapins) ont exécuté un mouvement circulaire ou de manége, qui a toujours eu lieu *du côté opposé à celui de la lésion*, c'est-à-dire que le pédoncule cérébral droit, par exemple, étant blessé, l'animal a accompli l'évolution du manége vers la gauche, en tournant fortement son cou et sa tête vers ce même côté. Ces faits ont été confirmés par les expériences ultérieures de Schiff. Le cercle parcouru a été d'autant plus petit, que la lésion se rapprochait davantage du bord antérieur de la protubérance, et qu'elle comprenait un plus grand nombre de fibres pédonculaires. Mais tout mouvement circulaire a cessé, quand la *section entière* de l'un des pédoncules a été faite immédiatement au-devant de la protubérance, et l'animal est tombé sur le côté opposé à la lésion, quoique, après la chute, les deux membres de ce côté pussent encore accomplir des mouvements très manifestes.

Après la section latérale « de la portion de moelle allongée qui avoisine en dehors les pyramides antérieures », Magendie (1) a vu aussi survenir un mouvement circulaire semblable à celui du manége; mais, dans ce cas, par des raisons déjà exposées précédemment, le mouvement avait lieu dans un sens contraire à celui que j'ai signalé en lésant l'un des pédoncules cérébraux.

(*) Pour faire cette expérience, je me sers encore du procédé à l'aide duquel je divise le trijumeau dans l'intérieur du crâne; seulement j'ai le soin de diriger la pointe de l'instrument plus profondément, plus en avant et en haut.

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 413.

Lafargue (1), ayant produit deux fois ce même mouvement circulaire en coupant l'une des couches optiques, a vu qu'il s'opérait *du côté de la section vers le côté opposé*, c'est-à-dire tel que je l'ai vu moi-même succéder à la lésion pédonculaire (*). Pour cet expérimentateur, ce n'est là qu'une manifestation d'hémiplégie croisée, qu'il cherche à expliquer de la manière suivante : « Dans la progression normale d'un quadrupède, dit-il, les membres gauches poussent à droite, et réciproquement; de sorte que le corps entier se meut suivant la résultante des deux forces. Si vous produisez une hémiplégie, les membres les plus vigoureux, ne trouvant pas de puissance antagoniste, pousseront la totalité du corps vers le côté paralysé; et s'ils ne conservent pas assez d'énergie pour opérer un déplacement proprement dit, une translation complète, toutes les impulsions latérales, s'ajoutant les unes aux autres, produiront un mouvement circulaire dont le côté paralysé sera le centre. » Ce phénomène continuerait, d'après Lafargue, tant que les membres actifs suffisent à la station; mais lorsque, par suite de l'affaiblissement progressif, la station devient impossible, on verrait l'animal tomber sur le côté paralysé et *rouler sur son axe*, de manière que la rotation sur l'axe succéderait à l'évolution du manége.

Jusqu'à présent aucune de mes expériences ne m'a révélé une pareille transformation dans les phénomènes; je n'ai jamais vu l'animal rouler sur lui-même, selon l'axe de sa longueur, pas plus après la lésion de l'une des couches optiques qu'après celle de l'un des pédoncules cérébraux. Au contraire, Schiff (2) a eu occasion de constater ce fait; mais il l'explique par la compression exercée sur un côté de la protubérance par du sang épanché.

Il ne m'a pas été donné davantage de confirmer les observations de Flourens (3), qui dit que « la section des pédoncules du cerveau détermine une suite de mouvements d'arrière en avant ».

Schiff ne s'est pas borné à confirmer mes expériences sur le mouvement de manége succédant aux lésions pédonculaires; il a encore, pour expliquer ce phénomène, proposé une nouvelle théorie basée sur ses propres observations. Suivant cet expérimentateur, il n'y a pas *hémiplégie*, mais les ordres de la volonté cessent d'être transmis seulement à certains groupes de muscles des deux extrémités antérieures : ainsi la blessure du pédoncule cérébral droit, par exemple, empêche la contraction volontaire des muscles adducteurs du membre thoracique droit et des muscles abducteurs du membre thoracique gauche; d'où résulte, quand l'animal veut avancer, une déviation parallèle de ces deux membres vers le côté de la lésion. Alors, si, à chaque effet de progression, les pattes postérieures poussent l'animal directement en avant, les pattes antérieures déviées à droite, en s'appliquant au sol, impriment au corps une impulsion latérale vers la gauche, sens dans lequel sont également déviés le cou et la tête. C'est de la répétition, à chaque pas, de ces chocs latéraux communiqués à la partie antérieure du tronc, et aussi de cette déviation de la tête, que résulterait le mouvement de manége,

(1) *Thèse cit.*, p. 17.

(*) A propos des couches optiques, je ferai connaître plus loin les nouvelles observations de SCHIFF.

(2) ROSER'S und WUNDERLICH'S *Arch.* 1806, p. 681.

(3) *Recherches expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit. 1842, p. 490. — En pratiquant la section des différents canaux semi-circulaires de l'oreille interne, Flourens assure avoir obtenu des effets qui offrent la plus grande analogie avec ceux qu'il a observés après la lésion des divers pédoncules cérébraux ou cérébelleux. (*Ouvr. cit.*, p. 487 et suiv.)

et non d'une hémiplégie incomplète, dont il n'existe d'ailleurs aucun signe appréciable. L'affaiblissement d'une moitié du corps, facile à produire par des causes si diverses, peut bien déterminer la progression suivant une ligne oblique, mais jamais circulaire.

Selon Budge (1), Valentin (2) et Schiff (3), il y aurait, dans les pédoncules cérébraux, indépendamment des fibres en rapport avec le sentiment et avec les mouvements volontaires du tronc, d'autres fibres qui influenceraient l'action de l'estomac, des intestins et de la vessie : aussi, d'après leur assertion, verrait-on ces derniers organes réagir par suite de l'excitation profonde des pédoncules. Les phénomènes que j'ai observés sous ce rapport ne m'ayant point paru, à beaucoup près, être constants, sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la valeur d'une pareille opinion. Quoi qu'il en soit, Schiff trouve sa confirmation dans quelques observations pathologiques de Rokitansky (4), et dans les altérations intestinales consécutives à la blessure pédonculaire, altérations graves qu'il a décrites avec soin, et desquelles il croit devoir faire dépendre la mort des animaux.

Le même expérimentateur a noté un changement dans la composition de l'urine, après la lésion des pédoncules cérébraux (5). Ce liquide, qui avait primitivement une réaction alcaline chez les animaux (lapins), est devenu d'abord neutre, puis acide; de plus, il contenait de l'albumine. — Depuis ces expériences de Schiff, j'ai fréquemment constaté le même phénomène après des lésions très diverses du système nerveux, et, en particulier, après la section intra-crânienne du nerf trijumeau: ce n'est là qu'une preuve, au milieu de tant d'autres, de l'influence du système nerveux sur les fonctions nutritives.

Tubercules quadrijumeaux.

Nous considérons les tubercules quadrijumeaux des mammifères, et les tubercules bijumeaux ou *lobes optiques* des autres vertébrés, comme faisant partie intégrante de l'appareil nerveux de la vision, et comme étant indispensables à l'exercice de cette dernière, soit qu'eux-mêmes sentent les impressions lumineuses, soit qu'ils les transmettent seulement à d'autres parties de l'encéphale, aux hémisphères cérébraux par exemple. Il nous faudra donc étudier d'abord ces tubercules dans leur rapport avec la faculté visuelle, puis nous enquérir de la question de savoir si c'est là leur rôle exclusif, ou s'ils n'ont pas d'autres usages à remplir.

Influence des tubercules quadrijumeaux sur la vision et sur les mouvements de l'iris. — Il est inutile de revenir sur les preuves anatomiques qui établissent les relations intimes des nerfs visuels avec les tubercules quadrijumeaux; rappelons seulement qu'en général, dans la série des vertébrés, ces nerfs et ces éminences grandissent, se développent en raison directe les uns des autres.

Les tubercules quadrijumeaux, avons-nous dit, sont indispensables à l'exercice de la vision. En effet, enlevez-les chez un mammifère, un oiseau, etc., et immé-

(1) *Untersuchungen über des Nervensystem*, etc.
(2) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II.
(3) *Mém. cité.*
(4) *Handbuch der pathol. Anat.*, t. III.
(5) *De vi motoria baseos encephali*, etc. Bockenhemil, 1845, p. 41.

diatement la cécité aura lieu. C'est là un des résultats les plus constants de nos vivisections, qui est parfaitement d'accord avec celui que Flourens (1) avait autrefois obtenu. Cependant Magendie (2) a avancé, en 1836, n'avoir jamais reconnu que « la blessure du tubercule optique, ou *quadrijumeau antérieur*, altérât la vue chez les mammifères ». Il est vrai que, dans un ouvrage plus récent (3), le même auteur contredit sa première assertion, en disant « que les tubercules quadrijumeaux antérieurs (*nates*) se continuent avec la couche optique, dont ils sont séparés par un sillon peu profond ; qu'ils fournissent une des racines d'origine du nerf optique ; qu'*ils sont en rapport avec l'exercice de la vision* ». Magendie (4) relate même un cas de cécité, chez une femme, avec altération des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Une pareille contradiction s'explique sans doute en admettant que, dans ses premières expériences, ce physiologiste avait pratiqué une lésion trop superficielle, trop incomplète, pour anéantir la vue ou même pour la troubler d'une manière appréciable.

Quoi qu'il en soit, il est constant qu'après l'ablation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux (selon la classe de vertébrés), un animal ne peut plus voir les objets qui l'entourent.

Maintenant il importe de savoir si ces organes exercent sur les yeux une action *directe* ou *croisée*.

Chez les mammifères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents (ou *lobes optiques*) est *croisée* ; c'est-à-dire que constamment la blessure ou l'extirpation du tubercule droit trouble ou anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ*. C'est encore là un fait établi par les expériences de Flourens (5), et que nous avons eu occasion de reproduire. Ajoutez que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté depuis plusieurs semaines, nous avons observé au-devant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (6). — Suivant Desmoulins (7), l'action serait, au contraire, *directe* chez les grenouilles, et la lésion d'un lobe optique entraînerait la perte de la vue dans l'œil correspondant. La difficulté que j'ai toujours éprouvée à recon

proprement dites (*) et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut dix-huit jours (**). L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois que j'approchais brusquement une lumière de ses yeux, l'iris se contractait, et souvent même le clignement avait lieu ; mais, chose remarquable, aussitôt que j'imprimais un mouvement circulaire à la bougie enflammée, l'animal exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Ces effets, reproduits chaque jour en présence des personnes qui assistaient à mes leçons, ne peuvent laisser aucun doute sur la persistance de l'impressionnabilité à la lumière, après que les hémisphères cérébraux n'existent plus; et, par conséquent, quand on la supprime complétement, par la soustraction des tubercules quadrijumeaux (les couches optiques restant intactes), on ne saurait faire dépendre un pareil résultat du défaut de communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux. Chez les jeunes chats, les très jeunes chiens et les lapins, l'iris continuait aussi à se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive; parfois même alors les paupières se rapprochaient.

Ces mouvements nous paraissent un peu analogues à ceux qui, chez un animal décapité, succèdent à l'excitation des surfaces tégumentaires : faute des lobes cérébraux, ils ont lieu sans conscience, sans qu'il y ait eu perception véritable ou du moins entière de la sensation lumineuse; car, en définitive, c'est à ces lobes que les sensations de la vue, comme toutes les autres, doivent parvenir, pour être élaborées, prendre une forme distincte, laisser des traces, des souvenirs durables, et enfin pour permettre la manifestation d'une série de jugements et de déterminations relatifs à la nature de ces sensations. Aussi, quoiqu'un animal privé de ses hémisphères cérébraux reste impressionnable à la lumière, ne faut-il pas s'étonner qu'il se comporte comme s'il était aveugle, qu'il se heurte contre les obstacles, n'évite point le danger qui le menace, etc. : la mémoire et le jugement, d'où dérive la connaissance des objets extérieurs, n'existant plus, pouvait-il en être autrement ?

Si l'ablation des tubercules quadrijumeaux et la section des nerfs optiques sont suivies du même effet, c'est-à-dire de la perte de la vue, ce n'est pas une raison pour regarder les uns et les autres comme de simples conducteurs des impressions visuelles. Les tubercules quadrijumeaux sont des *centres de réflexion* de l'effet centripète des nerfs optiques sur les nerfs moteurs qui président à la contraction de l'iris; aussi leur ablation, d'après les expériences de Flourens (1), paralyse-t-elle cette membrane : en l'absence des hémisphères cérébraux, ces tubercules nous paraissent être encore des foyers de perception *incomplète* pour les sensations de la vue. Cette dernière opinion est d'autant plus probable que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés et même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice de la sensibilité à la lumière.

(*) Il faut se garder de confondre les couches optiques avec les *lobes optiques*. Cette dernière dénomination s'applique, dans le langage de plusieurs anatomistes modernes, aux tubercules quadrijumeaux, mais surtout aux tubercules bijumeaux des oiseaux, des reptiles et des poissons.

(**) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois* entiers. (FLOURENS, *ouvr. cit.*, 2e édit., p. 87.)

Un pigeon ayant subi l'ablation de ces mêmes lobes se portait fort bien *trois mois* après cette opération. (MALCORPS, dans *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, Paris, 1839, par MAGENDIE, t. II, p. 351).

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 144.

Flourens avait d'abord (1) remarqué que l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé *seulement;* plus récemment (2), il a reconnu que l'effet de cette irritation se manifeste aussi dans l'iris du même côté. Nos propres expériences nous avaient déjà amené à signaler ce dernier résultat (*).

Les tubercules quadrijumeaux sont-ils sensibles et excitables (**)? *Influencent-ils les mouvements volontaires?* — La surface des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous de ces tubercules; il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

L'excitation légère de leur surface, et même de leur substance grise dénudée, n'a occasionné aucune secousse convulsive; il nous a toujours fallu pénétrer assez avant, et jusqu'aux fibres médullaires, pour obtenir des contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort de l'animal, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens que les mouvements généraux occasionnés par la douleur ne viennent plus s'associer aux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, chez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule que l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rappelle que le faisceau antéro-latéral ou moteur de la moelle a des connexions intimes avec les tubercules quadrijumeaux; mais ils tendent surtout à démontrer que, dans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre de l'excitation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tubercules, et non de celle de leur substance propre.

D'après Serres (3), les tubercules quadrijumeaux « sont excitateurs de l'association des mouvements volontaires ou *de l'équilibration;* et de plus, les excitateurs [illegible] de la vue dans les trois classes inférieures. » A l'appui de la première

en juger, la lésion ne se bornait pas, à beaucoup près, aux
ux. Les fibres pédonculaires sur lesquelles ils s'appuient
l'irrégularité, l'hésitation dans les mouvements de l'animal.
e plus bas : « L'instrument avait traversé la base des tuber-
x et le *gros faisceau* sur lequel repose le *processus cerebelli ad*
et un chien, l'effet fut le même. » Or ce gros faisceau n'est
doncule cérébral, dont la lésion, comme on l'a vu, entraîne
otable du mouvement.

du tubercule bijumeau d'un côté, Flourens (1) a vu des pigeons
x-mêmes, et *principalement* sur le côté du tubercule enlevé. Le
chez les grenouilles, c'est-à-dire que, le tubercule bijumeau
tournoiement s'est opéré à gauche (2). On n'a point oublié
nères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents sur la
d'après Desmoulins (3), cette dernière est *directe* chez les
rnoiement qui vient d'être indiqué nous paraît tenir (quand
porne aux tubercules et n'intéresse point les fibres pédoncu-
la vision dans un œil. En effet, ayant complétement évacué les
s yeux sur des pigeons, j'ai vu souvent ces animaux tourner
ain et leur cou se tordre dans le même sens. C'est précisément
s les expériences où on lèse les tubercules. Chez l'oiseau, la
roit laisse l'œil correspondant intact, l'animal tourne à droite;
e, la lésion du tubercule droit permet la vision par l'œil gauche,
gauche.

s, quand on a blessé profondément l'un des tubercules, et qu'en même temps le pédoncule cérébral sur lequel il s'appuie a été nécessairement atteint, on observe, comme dans la lésion de ce pédoncule, un mouvement circulaire ou de manége que nous avons déjà étudié (p. 408). Dans ces cas, la lésion profonde d'un tubercule entraîne, suivant Flourens, une certaine faiblesse du côté opposé (4), au moins chez les oiseaux et les mammifères. Cette faiblesse, d'après Serres (5), survient dans le même côté, chez les reptiles, « par la raison, dit-il, du non-entrecroisement des pyramides dans les deux classes inférieures. »

En *résumé*, des détails dans lesquels nous venons d'entrer, il résulte que le seu usage des tubercules quadrijumeaux, qui, *jusqu'à présent*, soit démontré, se rapporte à l'exercice de la vision. Quant à l'influence sur les mouvements volontaires, que des expérimentateurs leur ont accordée, elle repose, comme nous l'avons prouvé, sur des expériences imparfaites, dans lesquelles on avait lésé des parties étrangères à la substance même de ces tubercules.

Cependant, avant de terminer, je citerai quelques faits d'anatomie comparée qui permettent de croire que les tubercules quadrijumeaux pourraient bien avoir d'autres fonctions jusqu'ici inaperçues.

Il existe, comme on le sait, des animaux qui sont ou bien réellement dépourvu de nerfs optiques, ou qui du moins ont cette paire de nerfs tellement grêle, qu'elle

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 44 et 142.
(2) *Ibid.*, p. 51.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 594.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 116.
(5) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 649.

a échappé aux investigations de plusieurs habiles anatomistes. Les animaux dont il s'agit sont : parmi les mammifères, la taupe (*Talpa europæa*), le rat-taupe du Cap (*Mus capensis*), la musaraigne-musette (*Sorex araneus*), la chrysochlore (*Talpa asiatica*), le rat zemni (*Mus typhlus*), etc. ; parmi les reptiles, le protée (*Proteus anguinus*) et la cécilie ; parmi les poissons, l'aptérichte de Duméril (*Muræna cæca*) et la myxine (*Gastrobranchus cæcus*) (1). Or, chez ces mammifères et ces reptiles, les tubercules quadrijumeaux, suivant Serres (2), sont très bien développés (*), et néanmoins la plupart sont réputés aveugles ou à peu près. — On est donc en droit de se demander, la nature ne faisant rien en vain, pourquoi les tubercules indiqués offriraient un tel développement, s'ils n'avaient d'autre destination que celle de servir à la vision.

En admettant, avec Flourens (3), que les tubercules quadrijumeaux sont le siége du principe des contractions de l'iris, on s'étonnera de les trouver si volumineux chez les poissons, dont la pupille est assez généralement regardée comme immobile. Le défaut de contractilité de l'iris, dans cette classe d'animaux, a été admis par Cuvier, et aussi par Sœmmering le fils, qui, ayant exposé aux rayons solaires, concentrés à l'aide d'une lentille, l'œil d'un brochet vivant, n'a pu déterminer aucun mouvement de l'ouverture pupillaire. Muck (4) a fait des observations analogues : « In piscibus (dit-il) iridem immobilem conspexi, etsi ipsum solis lumen oculos » attigit (**). »

Le dernier mot sur les fonctions des tubercules quadrijumeaux n'a donc pas encore été donné par les physiologistes, et il faut attendre de nouvelles lumières des expériences ou de la pathologie.

D'après Valentin et Budge (5), la stimulation immédiate de ces tubercules peut exciter les contractions de la vessie, de l'estomac et du canal intestinal. Mes recherches sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la réalité d'une pareille influence ; ici, une relation de cause à effet m'a toujours paru bien difficile à établir.

Glande pinéale.

Les fonctions de la glande pinéale sont encore à déterminer : je n'aurai donc à entretenir le lecteur que d'hypothèses pour la plupart fort anciennement émises, et en partie reproduites par des auteurs modernes ou même contemporains.

Suivant une opinion antérieure à Galien, puisqu'il la réfute, le *conarium*, ou glande pinéale, ferait l'office de *portier*, comme le pylore de l'estomac, et ne laisse-

(1) Voy. tome II, p. 76-81, de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, où je discute l'existence des nerfs optiques chez ces divers animaux.

(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 329.

(*) Il est regrettable que de BLAINVILLE, qui a eu occasion de disséquer le *Gastrobranchus cæcus*, et qui a vainement cherché les yeux et les nerfs optiques, n'ait pas noté l'état des tubercules quadrijumeaux. (Voy. *Principes d'anat. comp.* Paris, 1822, p. 428.)

(3) *Ouvr. cit.*, p. 48.

(4) *Dissert. anat. de ganglio ophthalmico et nervis ciliaribus animalium.* Landshut, 1815.

(**) De LACÉPÈDE dit néanmoins que quelques espèces peuvent contracter leur pupille assez pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale ; mais il ne cite pas les espèces de poissons qui jouissent de cette faculté. (*Principes d'anat. comp.*, par de BLAINVILLE. Paris 1822, p. 425.)

(5) *Loc. cit.*

rait passer du ventricule moyen dans le ventricule du cervelet que la quantité convenable d'*esprit vital*. Du reste, voici en quels termes (*edit. gr.-lat.* de Kühn) Galien lui-même (1) expose cette opinion : « Usum conario eumdem esse » existimant aliqui, qui est pyloro ventriculi. Nam, ut hunc confirmant prohibere » ne ex ventriculo cibus, priusquam coctus sit, in tenue intestinum assumatur, » ad eumdem modum et hanc glandulam, *conarium*, in principio meatus consti- » tutam, qui meatus spiritum ex medio ventriculo in cerebelli ventriculum trans- » mittit, custodem quemdam esse aiunt, et velut œconomum esse quantum spiritus » mitti oporteat. »

Magendie (2), en considérant la glande pinéale comme un *tampon* destiné à ouvrir et à fermer l'aqueduc de Sylvius, n'a donc pas émis une hypothèse nouvelle.

Galien (3) regarde le *conarium* comme étant de nature glandulaire, ce qui permet de croire qu'il lui supposait des usages relatifs à une sécrétion. Ces usages ont paru probables à quelques physiologistes. « La présence d'une cavité dans son intérieur, dit Cruveilhier (4), l'hydropisie dont celle-ci est quelquefois le siége, sembleraient indiquer que les usages du *conarium* sont relatifs à la sécrétion d'un liquide. »

D'après Willis (5), la glande pinéale existerait surtout à cause des plexus choroïdes, et serait destinée à absorber et à retenir la sérosité exhalée du sang artériel, jusqu'à ce que les conduits lymphatiques (*lymphæ ductus*) la charrient ailleurs.

Pour combattre l'hypothèse en faveur de son temps, Galien (6) se fonde sur ce que, vu son immobilité et ses adhérences, le conarium ne peut oblitérer le conduit de communication du ventricule moyen avec le ventricule cérébelleux. Toutefois il maintient qu'il existe un agent pour une pareille oblitération, et cet agent, suivant lui, est l'éminence vermiforme du cervelet : « Opinari autem (dit-il) transitui » spiritus præesse id conarium, hominum est *epiphyseos vermiformis* actionem » ignorantium. » Ambroise Paré (7) emprunte la même idée à Galien.

C'est surtout depuis Descartes (8) que la glande pinéale a acquis, pour ainsi dire, une certaine célébrité. Chacun sait qu'il voulut en faire la *source* des *esprits* : « Les esprits coulent de la glande pinéale dans les concavités du cerveau... Elle doit être imaginée comme une source abondante dont les parties du sang les plus petites et les plus agitées coulent en même temps de tous côtés... Il faut fort peu de chose pour la déterminer à s'incliner, ou se pencher plus ou moins, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et faire qu'en se penchant elle dispose les esprits qui sortent d'elle à prendre leur cours vers certains endroits du cerveau plutôt que vers les autres, etc. » Ridiculisant l'idée de Descartes, on assit l'âme sur la glande pinéale comme sur un siége, d'où elle dirigerait les impulsions du cerveau à l'aide de deux prolongements nerveux que les anatomistes appellent encore quelquefois *habenæ animi*. Aujourd'hui ce serait peine superflue de citer les arguments opposés

(1) *De usu partium*, lib. VIII, cap. XIV, t. III, p. 675.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. VIII, p. 225.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Anat. descript.* Paris, 1836, t. IV, p. 689, 690.
(5) *Anat. cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XIV, p. 103.
(6) *Loc. cit.*, p. 676, édit. cit.
(7) *Anatomie*, chap. VIII.
(8) *Traité de l'homme.*

par Willis (1) et Sténon (2) à une hypothèse dont le temps et le sens commun ont fait justice.

Rolando (3) et Magendie (4) ont expérimenté sur la glande pinéale et ses pédoncules; mais il n'est résulté de leurs tentatives aucune conjecture sur les usages de ces parties.

Couches optiques.

Les couches optiques n'ont pas sur la *vision* l'influence que le nom qu'elles portent pourrait leur faire supposer. — En effet, je les ai désorganisées sur des mammifères et des oiseaux (en ménageant les nerfs optiques), et il y a eu persistance de l'impressionnabilité visuelle, la pupille a continué de se resserrer sous l'influence de la lumière; de plus, la stimulation directe des couches optiques n'a jamais déterminé de mouvements dans l'iris. Au contraire, on se rappelle qu'on fait naître ces sortes de mouvements à volonté en irritant les tubercules quadrijumeaux, et surtout qu'on abolit la vue, partant les contractions de l'iris, en désorganisant ces éminences. Les tubercules quadrijumeaux méritent donc plutôt le nom de couches optiques que ces couches elles-mêmes. Toutefois, chez l'homme, dans plusieurs observations d'épanchements sanguins siégeant dans ces derniers organes, il a pu y avoir dilatation et immobilité de la pupille, perte de la vue, parce que, placés au-dessous d'eux, les nerfs optiques eux-mêmes avaient dû être comprimés.

Si l'action des couches optiques sur le sens de la vue est nulle, ou du moins si elle est difficile à apprécier, leur influence *croisée* sur les mouvements volontaires ne saurait être mise en doute. Enlevez, chez un lapin, les deux hémisphères cérébraux, puis même les deux corps striés : chose remarquable, la station et la progression seront encore possibles ; mais, à peine aurez-vous supprimé la couche optique droite, par exemple, que l'animal tombera sur le côté gauche, et *vice versâ*, sans que pourtant ce côté soit paralysé d'une manière absolue. Chez l'homme,

Fl animal supérieur, ou seulement à une partie de cette moitié? Et a on sache que la couche optique et les nombreuses fibres médullaires adient pour constituer le lobe cérébral postérieur sont considéré mant, pour ainsi dire, un même système: or, quelques auteurs ayat e ces parties de l'encéphale tiennent sous leur dépendance les mouv du membre thoracique, nous allons mentionner les preuves qu'ils ont émises en faveur de leur assertion.

Saucerotte (1) semble être le premier qui ait eu l'idée d'une pareille localisation. « On vient de voir, dit-il, qu'outre le croisement des fibres médullaires d'un côté de la tête à l'autre, et qui a été découvert en partie par de célèbres anatomistes, il y en a encore un de la partie antérieure à la postérieure, et *vice versâ*, pour le mouvement des extrémités ; de façon que l'*origine des nerfs destinés au mouvement des extrémités supérieures est dans la partie postérieure du cerveau*, et réciproquement dans l'antérieure pour les extrémités inférieures. » Puis, le même auteur rapporte quelques expériences qu'il a exécutées sur des chiens, et dont les résultats lui ont paru confirmer sa manière de voir.

A l'exemple de Saucerotte, Serres et Loustau (2), ayant lésé, sur des chiens, les couches optiques et leurs radiations, disent avoir vu survenir la paralysie des extrémités antérieures. Schiff (3) penche vers le même sentiment, sans admettre néanmoins que la paralysie soit absolue.

De plus, Foville (4) et Serres (5) citent, à l'appui de l'opinion précédente, l'un *trois*, l'autre *cinq* observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Toutes les fois que, *sur des chiens adultes*, j'ai profondément lésé les couches optiques ou leurs radiations dans les lobes cérébraux postérieurs, les animaux ont fléchi sur leurs quatre membres ; et, après leur chute, il a toujours été impossible de reconnaître si la paralysie, d'ailleurs incomplète, était plus prononcée dans le train antérieur que dans le train postérieur ; les mouvements m'y ont paru être également affaiblis. Mêmes résultats, quand j'avais désorganisé les corps striés avec leurs radiations antérieures. *Chez les lapins*, je l'ai déjà dit, après l'ablation complète des hémisphères cérébraux, la station et la progression peuvent encore s'effectuer: la soustraction même des deux corps striés ne rend ni l'une ni l'autre impossible, et, par conséquent, ne paralyse pas plus les membres abdominaux que les membres thoraciques.

Si l'opinion qui place dans les couches optiques et leurs radiations le principe du mouvement des membres thoraciques ne peut pas, selon nous, s'étayer des vivisections, la pathologie lui fournit-elle des preuves qui doivent la faire admettre comme une vérité physiologique démontrée ?

Le résumé d'un grand nombre d'observations que le professeur Andral a consigné dans sa *Clinique médicale* (6) n'est nullement favorable à une pareille manière de voir. Ce résumé s'applique d'ailleurs à la fois aux lésions des couches

(1) *Prix de l'Acad. de chirurgie.* Paris, 1819, in-8, t. IV, p. 310. — *Mémoire sur les contre-coups dans les lésions de la tête*, couronné en 1769.

(2) SERRES, *Anat. comp. du cerveau.* Paris, 1827, t. II, p. 690, 692.

(3) *De vi motoria baseos encephali*, p. 14.

(4) *Recherches sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*, par FOVILLE et PINEL-GRANDCHAMP. Mémoire publié en mars 1820.

(5) *Ouvr. cité*, t. II, p. 664 et suiv. — *Annuaire médico-chirurgical des hôpitaux.* Paris, année 1819.

(6) Tome V, *Maladies de l'encéphale.* Paris, 1833, p. 357, 358, 2e édit.

optiques et à celles des corps striés; aussi, en traitant de ces derniers organes, devrons-nous seulement rappeler le passage suivant :

« Dans ces derniers temps, dit Andral, quelques faits ont été publiés dans le but de prouver que la paralysie des membres thoraciques dépend d'une lésion bornée aux couches optiques ou à la masse nerveuse située à leur niveau et derrière elles, et que la paralysie des membres abdominaux dépend d'une lésion des corps striés ou de la masse nerveuse située à leur niveau ou au-devant d'eux. Pour déterminer l'exactitude de cette opinion, nous avons aussi interrogé les faits ; or, ne prenant que ceux dans lesquels la lésion était parfaitement limitée, nous en avons trouvé *soixante-quinze* dans lesquels cette lésion (hémorrhagie ou autre) était assez exactement circonscrite, pour qu'ils pussent servir à la solution de la question qui nous occupe.

» Sur ces soixante-quinze cas, nous en avons compté *quarante* dans lesquels les deux membres d'un côté étaient à la fois paralysés ; sur ces quarante cas, il y en avait *vingt et un* dans lesquels il n'y avait de lésé que le lobule antérieur ou le corps strié; il y en avait *dix-neuf* dans lesquels la lésion avait pour siége le lobule postérieur ou la couche optique.

» Sur ces mêmes soixante-quinze cas, nous en avons trouvé *vingt-trois* dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre thoracique, dont *onze* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur ; *dix* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur ; *deux* avec lésion du lobule moyen.

» Enfin, sur ces soixante-quinze mêmes cas, nous en avons trouvé *douze* autres dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre abdominal, dont *dix* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur, et *deux* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur.

» De ces faits, ajoute Andral, comment ne pas conclure que, dans l'état actuel de la science, *on ne peut encore assigner*, dans le cerveau, *un siége distinct aux mouvements des membres supérieur et inférieur?* Sans doute ce siége distinct existe, puisque chacun de ces membres peut se paralyser isolément : mais nous ne le connaissons point encore. »

La conclusion précédente nous semble rigoureuse; elle s'accorde, d'ailleurs, avec les résultats de nos propres expériences, et, par conséquent, nous sommes porté à lui donner notre entière adhésion.

Comme les hémisphères cérébraux, les couches optiques peuvent être piquées et dilacérées, chez l'animal vivant, sans qu'il y ait ni contraction dans les muscles volontaires, ni signes de douleur.

En blessant directement l'une des couches optiques sur des lapins, sans ablation préalable des hémisphères, j'ai déterminé un *mouvement circulaire* ou de manége, comme à la suite de la lésion partielle de l'un des pédoncules cérébraux (voy. p. 408) : ce mouvement avait constamment lieu vers le *côté opposé à la lésion.* Lafargue (1) a été témoin du même phénomène. « J'ai retranché sur une grenouille, dit Flourens (2), la couche optique droite : la grenouille a tourné longtemps et irrésistiblement sur le côté droit. J'ai retranché sur une autre grenouille la couche optique gauche: l'animal a tourné sur le côté gauche. « Ce résultat tendrait à prouver que, dans les reptiles, il n'y a point *croisement d'effet*,

(1) *Thèse cit.*, p. 17.
(2) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 51.

comme ... ertébrés supérieurs. D'après Schiff (1), le sens dans lequel s'ac-
compli ... ivement de manége, chez ces derniers, varierait suivant la partie
de la ... ique qu'on aurait détruite. La destruction des trois quarts anté-
rie ... ne, chez les lapins, déterminerait le mouvement vers le coté lésé,
et ... art postérieur vers le côté opposé à la lésion, c'est-à-dire comme
... du pédoncule cérébral. Pour se rendre compte de l'influence
... trois quarts antérieurs des couches optiques sur les mouvements, cet
... mentateur admet, au niveau de l'espace perforé moyen, un entrecroisement
... naire qui neutraliserait celui des pyramides, entrecroisement déjà aperçu, suivant lui, par Wernekink, de Giessen. Du reste, Schiff s'explique le mouvement circulaire, après la lésion d'une couche optique comme après celle d'un pédoncule cérébral, par la paralysie des muscles abducteurs de l'un des membres thoraciques et par celle des adducteurs de l'autre.

Budge (2), Valentin (3) et Schiff (4) affirment qu'on peut exciter les contractions de l'estomac et des intestins, à l'aide de la stimulation directe des couches optiques; et Budge prétend que ces effets se produisent surtout quand on agit sur la couche optique droite. Dans les résultats que j'ai moi-même obtenus, il y a eu une telle inconstance, qu'il m'est impossible d'admettre une pareille assertion comme établie sur des preuves concluantes. Il est vrai que mes expériences ont été faites sur des chiens et des lapins, et non sur des chats que ces auteurs semblent recommander comme plus propres à ces sortes de recherches. Mes expériences n'ont pas été plus probantes à l'égard de l'influence des couches optiques sur les mouvements du cœur, influence admise par Valentin (5).

Corps striés.

Willis (6) avait placé dans les corps striés le *sensorium commune :* il leur faisait aboutir toutes les sensations, et les regardait comme le réceptacle du principe de tous les mouvements volontaires. « Hæc pars (corpora striata), dit-il, commune » sensorium est, quod sensibilium omnium ictus a nervis cujusque organi delatos » accipit, adeoque omnis sensionis perceptionem efficit..... Atque insuper hæc cor- » pora, uti sensuum omnium impetus, ita motuum localium spontaneorum primos » instinctus suscipiunt. » Suivant Willis, tous les nerfs, spécialement ceux de la vue et de l'odorat, naissent dans le voisinage des corps striés; puis, pour confirmer son opinion sur les usages de ces organes, il prétend les avoir toujours vus ramollis et atrophiés chez les individus atteints de paralysie et d'anesthésie anciennes. Enfin il ajoute que, dans les tout jeunes animaux qui manquent de la vue, et chez lesquels les autres fonctions sensoriales et locomotrices s'accomplissent difficilement, les corps striés ou leurs radiations sont à peine formés et seulement rudimentaires.

Ces idées de Willis régnèrent pendant longtemps dans la science, et beaucoup de physiologistes firent effort pour en démontrer l'exactitude, soit par des expé-

(1) ROSER'S und WUNDERLICH'S *Archiv für physiologische Heilkunde*, 1846, S. 667 ff.
(2) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841, p. 149, 152.
(3) *Repertorium*, etc., t. VI, p. 359.
(4) *Mém. cit.*
(5) *Lehrbuch der Physiologie*, t. II.
(6) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XIII, p. 95 et seq. édit. in-12.

riences sur les animaux vivants, soit par des observations pathologiques concernant le cerveau de l'homme.

Aujourd'hui qu'on repousse l'opinion de Willis sur les usages des corps striés, comme une hypothèse sans fondement, on est loin assurément de lui en avoir substitué une autre plus plausible et mieux établie. Ce qui va suivre viendra en aide à notre assertion.

Saucerotte (1) pratiqua, sur des chiens, des expériences qui lui firent croire que la partie antérieure des hémisphères (radiations des corps striés) influençait *seulement* le mouvement des membres pelviens. D'après le même auteur, comme on l'a vu (p. 418), la partie postérieure de ces hémisphères (radiations des couches optiques) tiendrait sous sa dépendance le mouvement des membres thoraciques. Serres (2), ayant répété l'expérience de Saucerotte sur un chien et sur un chat, assure avoir aussi reconnu que la lésion des radiations antérieures des corps striés paralyse *exclusivement* les membres abdominaux.

Nous avons déjà dit que, dans nos expériences sur des chiens adultes, nous avions toujours vu ces animaux fléchir sur leurs quatre membres, après la désorganisation, soit des lobes antérieurs, soit des lobes postérieurs, et qu'il nous avait été impossible de constater plus de faiblesse dans une paire de membres que dans une autre. Ajoutons que l'ablation entière des corps striés et des lobes antérieurs, chez un grand nombre de lapins, n'a jamais été suivie d'une paralysie plus appréciable dans le train postérieur que dans le train antérieur : constamment nous avons vu ces animaux, à moins qu'ils ne fussent épuisés par une hémorrhagie, pouvoir, quand on les excitait, courir en se servant également de leurs quatre membres.

Mais, les résulats n'étant pas uniformes chez les animaux de différentes espèces, il importait, pour chercher à éclairer la question, d'avoir recours aux faits pathologiques recueillis sur l'homme lui-même. Dans un autre ouvrage (3), je me suis déjà appliqué à apprécier la valeur de ces faits dus à divers observateurs, et de cet examen il est résulté qu'une lésion du corps strié ou du lobule antérieur, chez l'homme, peut paralyser isolément soit le membre thoracique, soit le membre abdominal ; qu'elle peut aussi paralyser ces deux membres à la fois ; qu'enfin les mêmes effets peuvent se produire par suite de la lésion de la couche optique ou du lobule cérébral postérieur.

Les faits pathologiques, d'accord avec nos expériences, ne sont donc nullement favorables au sentiment de Saucerotte.

Magendie a également émis une opinion sur les usages des corps striés. D'après lui (4), il existe, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre force qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet ; la seconde, dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté, et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces

(1) Mémoire inséré dans les *Prix de l'Acad. de chirurgie*. Paris, édit. de 1819, t. IV, p. 290, in-8.

(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 689.

(3) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 518.

(4) *Élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 407, 409. — *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 376. — *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 280.

forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion, également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

Pour que ce dernier phénomène se manifeste, il faut, selon la recommandation de Magendie, ne pas se borner à enlever la substance grise des corps striés : « Ce qui n'a pas lieu, dit-il, par la soustraction de la matière grise, commence à se montrer dès que la blanche est intéressée ; l'animal s'agite, marque de l'inquiétude, cherche à s'échapper ; cependant, si un seul des corps striés est enlevé, il reste encore maître de ses mouvements et les dirige en divers sens, s'arrête quand il lui plaît ; mais, immédiatement après la section du second corps strié, l'animal se précipite en avant comme poussé par un pouvoir irrésistible (*). »

Sur un très grand nombre de lapins vigoureux et âgés de trois ou quatre mois, comme le conseille Magendie, j'ai enlevé *complétement* les hémisphères cérébraux, puis les deux corps striés, en rasant les bords antérieur et externe des couches optiques ; et, à l'exception d'une seule fois, où la cinquième paire ayant été piquée, l'animal s'est enfui en criant, tous les lapins sont demeurés immobiles. J'ai varié l'expérience, en enlevant les corps striés seulement avec la portion des hémisphères où ils s'irradient : les effets ont été les mêmes. Toutes les personnes qui, à diverses époques, ont assisté à mes cours de vivisections, ont été témoins de ces résultats négatifs, confirmés par les expériences plus récentes de Schiff (1). Il m'a toujours fallu pincer fortement la queue des animaux pour les faire s'élancer en avant : alors, ils s'enfuyaient le plus souvent en poussant un cri ; mais la propulsion n'avait rien d'*irrésistible*, puisqu'ils s'arrêtaient bientôt, pour se précipiter derechef sous l'influence d'une excitation nouvelle.

Lafargue (2) a également obtenu, de ses expériences sur les corps striés, les résultats négatifs que j'ai constatés moi-même. « Elles occasionnent, dit-il, une profonde stupeur ; et quand, à force d'excitations, on parvenait à faire marcher les lapins mutilés, leur progression était lente, parce qu'ils étaient aveugles... Dans tous ces cas, pas de propulsion rapide, malgré la destruction des corps striés. » Toutefois Lafargue a vu deux fois les lapins se précipiter en avant après cette mutilation : s'étant convaincu par l'autopsie, ce qui est réel, que la section des corps striés s'accompagne le plus souvent de la lésion ou même de la division des nerfs optiques, cet expérimentateur avance que la *propulsion prétendue irrésistible*, attribuée par Magendie à un principe moteur particulier, reconnaît pour causes la frayeur et la cécité réunies. « Pour que ma présomption se changeât en certitude, ajoute-t-il, il fallait, au moyen d'une mutilation quelconque, troubler, effrayer profondément un lapin vigoureux, en le privant de la vue, en conservant ses mouvements ; il fallait que, malgré l'intégrité des corps striés, il présentât, avec toutes ces circonstances, le mouvement de propulsion. Or, deux fois, une mutilation des hémisphères qui avait entraîné la cécité (**) a donné lieu à ce mouvement ; la blessure des tubercules quadrijumeaux a causé deux fois une fuite

(*) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 519, l'analyse d'une observation de PIÉDAGNEL, observation que MAGENDIE a cru devoir citer comme confirmative de son opinion sur les usages des corps striés.

(1) *De vi motoria baseos encephali*, etc., p. 4.
(2) *Thèse citée.*

(**) Il n'est pas démontré, pour nous, que cette mutilation entraîne la *cécité absolue*, même chez les mammifères.

rapide. En terminant, Lafargue affirme que l'on a pris pour l'effet d'une impulsion spéciale, la *fuite* pure et simple d'un animal *aveugle* et jeté dans un état d'excitation douloureuse (*).

Des faits précédents, nous concluons aussi que la force motrice spéciale, que Magendie place dans les corps striés, est une force purement imaginaire.

Aucun fait ne démontre que les corps striés aient la moindre influence sur l'olfaction : le nom de *couches des nerfs ethmoïdaux* ou olfactifs, sous lequel Chaussier les désigne, ne saurait être justifié ni au point de vue anatomique, ni au point de vue physiologique. Les corps striés manquent à des animaux pourvus de nerfs olfactifs énormes, et, au contraire, ils sont très développés chez les cétacés, dont les nerfs olfactifs sont tellement rudimentaires, qu'ils ont échappé à l'investigation de plusieurs anatomistes célèbres.

Chez les animaux vivants, les corps striés semblent être complétement insensibles aux irritants mécaniques; ils peuvent être dilacérés sans qu'il y ait manifestation d'aucune douleur, et sans que la moindre contraction musculaire locale survienne. Sous ces rapports, on peut donc les assimiler aux couches optiques et aux hémisphères cérébraux; mais de pareils résultats ne nous apprennent rien sur les fonctions spéciales des corps striés, fonctions qui restent encore à déterminer.

Quant à l'influence de ces organes sur les mouvements du cœur, de l'estomac et du canal intestinal, influence admise par Valentin, etc. (*loc. cit.*), je ne puis que répéter ce que j'ai dit (page 420) à propos des couches optiques.

Corps calleux, voûte à trois piliers et cloison transparente.

Corps calleux.

Dans un mémoire intitulé : *Observations par lesquelles on tâche de découvrir la partie du cerveau où l'âme exerce ses fonctions*, Lapeyronie (1) se détermina à faire du corps calleux, comme le disent les anatomistes, le *siége de l'âme*. On a déjà vu que Descartes avait accordé la même prérogative à la glande pinéale, et Willis au corps strié.

L'hypothèse de Lapeyronie trouva des partisans tels que Louis, Chopart, Saucerotte, etc. Ce dernier auteur (2) pensa même pouvoir la confirmer, jusqu'à un certain point, à l'aide de deux expériences (16e et 17e) sur des chiens : « Je portai, dit-il, doucement et perpendiculairement un scalpel vers le corps calleux, que j'incisai légèrement de devant en arrière. Dans le moment de la section, l'animal eut un violent trémoussement dans tout le corps; *et, dans l'instant, il tomba dans la léthargie*... Il paraissait avoir le sentiment anéanti; car je lui coupai le nez et le lui brûlai, lui piquai les yeux, lui enfonçai un scalpel dans les muscles, sans qu'il parût avoir de sentiment... » Saucerotte obtint des effets analogues, sur un second chien, en comprimant le corps calleux à l'aide d'une lame de plomb.

(*) Schiff (*Mém. cit.*), qui, après l'ablation des corps striés, a vu aussi les animaux rester d'abord immobiles tant qu'ils n'étaient soumis à aucune excitation, mais qui les a vus s'enfuir avec vitesse quand il les avait excités, n'admet point, d'après ses expériences, que la cécité puisse être invoquée pour expliquer un pareil mouvement de propulsion; il faut dépendre celui-ci de la lésion des lobes cérébraux eux-mêmes, lésion qui paralyse l'*action modératrice* de la volonté.

(1) *Journal de Trévoux*, 1709. — *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1741, p. 199.

(2) *Mém. sur les contre-coups dans les lésions de la tête*, dans *Prix de l'Acad. de chirurg.* Paris, édit. de 1819, t. IV, p. 313 et 334, in-8.

d'apprécier l'opinion de Lapeyronie, autant du moins qu'une
opinion nature puisse l'être, non par des expériences sur les animaux,
mais faits d'anatomie anormale et d'anatomie pathologique relatifs au
(e moment, je ferai connaître seulement les résultats empruntés
ltats qui, il faut bien l'avouer, ne sont guère propres à nous
de cet organe.

chez de jeunes chiens, les lésions artificielles du corps calleux
ubler d'une manière appréciable les mouvements volontaires.
mmissure dans toute sa longueur, sur des lapins qui étaient
mmoins ils ont continué à se soutenir sur leurs quatre mem-
influence d'un stimulus, ils se sont mis à courir, comme avant
reste, pas la moindre secousse convulsive, pas le moindre signe de douleur pendant sa durée. Chez les chiens *adultes*, les résultats ne sont pas tout à fait les mêmes; car, par suite de l'hémorrhagie abondante qui survient pendant qu'on met péniblement à nu leurs hémisphères, ces animaux ne peuvent déjà plus se tenir debout après cette opération préalable. Toutefois leurs quatre membres se meuvent encore volontairement quand le corps calleux a été incisé, et constamment, chez les chiens adultes comme chez les jeunes chiens et les lapins, la sensibilité persiste; ils poussent des cris, si l'on vient à pincer fortement une partie de leur corps. Sur aucun de ces animaux, je n'ai vu survenir le trémoussement convulsif dont parle Saucerotte; il n'éclate que quand on lèse assez profondément des parties étrangères au corps calleux, et situées au-dessous de lui : les tubercules quadrijumeaux, par exemple.

Sous ce rapport, mes expériences s'accordent avec celles de Lorry (1). « Ni les irritations du cerveau, dit cet observateur, ni *celles du corps calleux lui-même, ne produisent de convulsions.* On peut l'emporter même impunément; la seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui ait paru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la *moelle allongée.* C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres. » Flourens (2), Magendie (3), Serres (4), etc., ont également obtenu des résultats négatifs en expérimentant sur le corps calleux.

Quant à l'assertion de Valentin (5), qui admet que l'excitation directe du corps calleux modifie les contractions du cœur, il ne m'a pas été possible de la confirmer.

Treviranus (6) regarde le corps calleux et les autres commissures comme les liens nécessaires des deux hémisphères, comme la cause de l'unité des fonctions intellectuelles. Il se fonde sur des faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux avaient été suivies de trouble ou d'abolition de l'intelligence : je vais revenir sur l'appréciation de ces faits. Si l'on veut admettre, avec Treviranus, que les opérations de comparaison mentale se passent dans les commissures, ou plutôt réclament leur intervention, il restera à expliquer comment les oiseaux, par exemple,

(1) *Mém. des savants étrangers*, t. III.
(2) *Recherches expérimentales sur les fonctions et les propriétés du syst. nerv.*, 2e édit. Paris, 1842, p. 21.
(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, 1839, t. I, p. 181.
(4) *Annuaire des hôpitaux*, 3e et 4e expér., p. 359. — *Anat. comp. du cerv.*, t. II, p. 709.
(5) *Ouvr. cit.*
(6) *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XVII, p. 36.

qui sont dépourvus de corps calleux et de pont de Varole, peuvent comparer leurs sensations tout aussi bien que les mammifères. Ce n'est pas entre deux idées venant l'une de droite et l'autre de gauche, mais entre deux idées successives, que nous établissons des comparaisons. — Toutefois nous ne voudrions pas affirmer que les commissures ne servent aucunement à compléter l'unité psychologique dans ses conditions matérielles.

Le corps calleux peut manquer, dans l'espèce humaine, ou présenter des vices de conformation très prononcés, sans qu'il en résulte un préjudice notable pour l'entretien de la vie, pour la réceptivité des sensations ou l'exercice des mouvements volontaires. Plusieurs exemples en fournissent la preuve incontestable : tels sont ceux que rapportent Reil (1), Solly (2), Fœrg (3), Chatto (4) et Paget (5).

C'est à tort que Chopart (6) n'hésite pas à affirmer que « l'affection du corps calleux est une cause du défaut d'intelligence ou de la perte de la raison ».

Assurément, à l'exemple de Lapeyronie (7), il serait facile de rassembler un assez grand nombre de faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux ont été suivies de dérangement ou d'abolition plus ou moins complète de l'intelligence (8); mais il faut remarquer que, dans ces différents cas, il existait d'autres lésions du cerveau ou des épanchements considérables de sérosité, qui suffisaient déjà pour expliquer le dérangement des facultés intellectuelles. Dans la dixième observation rapportée par cet auteur, observation si concluante à ses yeux, il importe de noter qu'il s'écoulait de la plaie une matière épaisse *avec des flocons de substance cérébrale*. De quelle partie de l'encéphale provenait cette dernière substance? C'est ce qu'on n'a pu reconnaître, le malade ayant guéri au bout de deux mois.

Il est vrai que l'absence ou le défaut de développement du corps calleux a été observé chez des individus dont l'intelligence était faible (*); mais ce vice de conformation ayant coïncidé avec d'autres imperfections des hémisphères cérébraux, il n'y a là rien qui puisse confirmer l'opinion de Lapeyronie. — En un mot, aucune preuve pathologique certaine ne démontre le rôle nécessaire du corps calleux dans

est destinée à supporter les parties sus-jacentes de l'encéphale : « Usus sane illius » fornicati corporis nullus alius est putandus quam fornicum in ædificiis; quem- » admodum enim fornices ad incumbentia onera sustinenda sunt quavis alia figura » aptiores, ita et hoc corpus partem cerebri omnem incumbentem citra molestiam » sustinet... » Ambroise Paré (1) reproduit l'opinion de Galien dans les termes suivants : « La cause de telle figure, qui par dehors bossue et par dedans creuse, a esté à fin qu'il peust mieux soutenir et porter la grande quantité du cerveau qui est appuyé et mis tant d'un costé que de l'autre; car ceste figure ou vouste soutient plus grand faix que toute autre (*). »

Assurément, il n'est plus aujourd'hui aucun physiologiste assez *mécanicien* pour partager l'opinion précédente.

Quant à celle qui consisterait à regarder la voûte comme une commissure antéro-postérieure destinée à établir une sorte de *consensus* entre les lobes d'un même hémisphère, et à les mettre en état de synergie ou de sympathie, elle pourrait paraître plus probable. Mais aucun fait expérimental ne tend à établir que la voûte soit plus en rapport avec l'impressionnabilité qu'avec l'innervation, ou, en d'autres termes, que ses usages soient relatifs plutôt à l'exercice de la sensibilité qu'à celui du mouvement. En divisant le corps calleux, sur des animaux (*chiens adultes*), soit en travers, soit en long, et, par conséquent, en divisant aussi la voûte, je n'ai donné lieu à aucune contraction dans les muscles, à aucune manifestation de douleur.

Voyons si la pathologie peut nous fournir quelques données utiles sur les fonctions de la *voûte* et de la *cloison transparente*.

Les cas de lésion de la voûte et de la cloison transparente, avec épanchements dans les ventricules ou avec d'autres altérations encéphaliques, sont assez fréquents; malheureusement nous ne saurions les mettre à profit. Les seuls faits à invoquer sont ceux dans lesquels la lésion morbide avait son siége exclusif ou principal dans la voûte et la cloison; mais ils sont extrêmement rares. J'en ai relaté plusieurs dans mon *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux* (2). Ici je rappellerai seulement que, dans ces observations, les symptômes dominants ont été une vive céphalalgie (**), le délire, l'incohérence dans les idées. Mais qui oserait conclure, d'après un aussi petit nombre de faits, que les usages de la voûte et de la cloison se rapportent surtout à l'exercice des fonctions intellectuelles plutôt qu'à celui des fonctions sensoriales ou locomotrices? car il faut noter qu'il y a eu trouble prononcé de la vision dans un cas, secousses convulsives dans un autre, etc.

(1) *Anat.*, IIIe liv., chap. VII, p. 212, édit. de MALGAIGNE.

(*) Dans un autre passage de ses écrits (*De anat. demonstr.*, lib. IX, cap. IV), GALIEN retire à la voûte les usages qu'il lui avait d'abord accordés. Il dit que la substance cérébrale, qui repose sur la voûte, est suspendue par les replis de la dure-mère, et que, par ce moyen, la cavité des ventricules est maintenue ouverte sans que la voûte serve d'appui (στήριγμα).

(2) Paris, 1842, t. I, p. 552.

(**) Les vivisections ne permettaient guère de prévoir un pareil symptôme, puisque la section ou la dilacération de la voûte, chez les animaux, ne semble point occasionner de la douleur. Toutefois ces résultats, en apparence contradictoires, s'expliquent, quand on se rappelle qu'il est beaucoup de parties, insensibles à l'état normal, dans lesquelles les maladies développent une extrême sensibilité.

Ventricules du cerveau et cornes d'Ammon.

Ventricules du cerveau.

Galien (1) localisait le sens de l'odorat dans les ventricules latéraux, qu'il nomme *antérieurs* : « Sensum odoris (dit-il) in ventriculis cerebri anterioribus » fieri existimavimus. » Il croyait qu'à chaque inspiration, l'air, chargé des molécules odorantes, y pénétrait par les trous de la lame criblée. D'après lui, ces ventricules servaient encore à préparer, à élaborer l'*esprit animal* (τὸ ψυχικὸν πνεῦμα) : « Conficiunt ac præparant ipsi cerebro spiritum animalem (2). »

Cette dernière opinion a été reproduite, avec de légères modifications, par Vésale (3).

Le sentiment de Galien et de Vésale a été combattu par Willis (4), qui s'élève aussi contre l'opinion de ceux qui veulent placer dans les ventricules le siége de l'âme (*suprema animæ sedes*). Suivant Willis (5), les cavités ventriculaires servent seulement de réceptacle aux *humeurs séreuses* de l'encéphale.

Si on leur accorde ce dernier usage, on doit également, selon nous, les regarder comme principalement destinées à offrir à la pie-mère une surface plus étendue pour l'expansion des vaisseaux sanguins, et à faciliter la distribution de ces derniers dans tous les points de l'encéphale. En effet, on comprend que si des masses aussi considérables que les hémisphères cérébraux eussent été pleines, le sang n'aurait pu y aborder que par leur circonférence ; d'où une circulation moins libre et moins assurée qu'avec une distribution vasculaire à la fois centrale et périphérique.

Aujourd'hui qu'on sait parfaitement que l'air atmosphérique ne pénètre point dans les ventricules latéraux, l'introduction des molécules odorantes jusque dans leur intérieur, pendant l'inspiration, n'est plus admise par aucun physiologiste. Toutefois, si les matières odorantes ne semblent pas parvenir, *en nature*, jusqu'à l'encéphale, les impressions qu'elles occasionnent lui sont du moins transmises et y élaborent ; mais rien ne prouve que l'élaboration des impressions olfactives s'af-

ment la surface de ces ventricules. On a déjà vu que le corps calleux, qui en forme la paroi supérieure, peut être piqué et divisé, sans donner lieu à des douleurs apparentes ou à des secousses convulsives; il en est de même de tout le reste de la surface ventriculaire latérale.

Broussais (1) pense que « les ventricules ont pour parois la *substance nerveuse du sentiment*, qui est la même que celle qui se trouve sur la surface postérieure de la moelle »; il ajoute qu'il a déduit cette opinion, « non pas *à priori*, mais des maladies ». Je n'ai pu retrouver les faits pathologiques auxquels Broussais fait allusion.

Corne d'Ammon.

Selon Treviranus (2), la corne d'Ammon fait partie des organes les plus importants de l'encéphale des mammifères : elle est en relation intime, d'une part, avec les nerfs olfactifs et le corps strié; de l'autre, avec le corps calleux et la voûte à trois piliers. Ces circonstances prouveraient, ajoute cet anatomiste, que la corne d'Ammon doit être plus qu'une simple circonvolution du cerveau; car aucune circonvolution n'est en relation aussi intime et aussi distincte avec tout l'intérieur et l'extérieur de ce viscère. « Ce qu'on peut avancer avec *quelque vraisemblance* sur la fonction de la corne d'Ammon, dit Treviranus, c'est, *ce me semble*, que cette partie est, moins que la plupart des autres organes encéphaliques, en connexion immédiate avec la moelle allongée et la sphère de la vie végétative, et qu'elle se rapporte au nerf olfactif... Son volume n'est en rapport direct qu'avec le volume des nerfs olfactifs, et la substance médullaire de son extrémité inférieure se confond avec le noyau médullaire duquel naissent les racines externes de cette paire nerveuse... La corne d'Ammon coopère donc *vraisemblablement* à une fonction de la vie intellectuelle supérieure; *peut-être* à la réminiscence, qui est si bien réveillée par des impressions exercées sur le sens de l'olfaction. »

Voilà bien des *vraisemblablement* et des *peut-être*, pour protéger une hypothèse qui, d'ailleurs, ne se fonde sur aucune preuve. — Et d'abord, dans l'espèce humaine, il nous a été impossible de démontrer les connexions de l'organe dont il s'agit avec la racine externe du nerf olfactif; puis, selon la remarque de Cruveilhier (3), « il est malheureux, pour l'hypothèse de Treviranus, que l'animal qui a la corne d'Ammon la plus développée, le lièvre, soit précisément celui auquel on accorde le moins de mémoire ».

Foville (4) a été conduit, par ses propres observations, à *soupçonner* que la corne d'Ammon et les plans fibreux du lobe temporal sont le siége spécial du principe des mouvements de la langue. Je ne saurais partager davantage ce soupçon, attendu que je trouve la paralysie de la langue notée dans une multitude d'observations dans lesquelles la lésion cérébrale siégeait bien loin des parties indiquées.

Avouons donc, comme nous avons dû le faire trop souvent à l'égard d'autres organes encéphaliques, que les usages de la corne d'Ammon sont encore inconnus.

(1) *Cours de phrénologie.* Paris, 1836, p. 143.
(2) *Recherch. sur la struct. et les fonct. de l'encéph., etc.* (*Archives générales de médecine*, 1823, t. III, p. 233 et suiv.).
(3) *Anat. descript.* Paris, 1836, t. IV, p. 694.
(4) Art. ENCÉPHALE du *Dict. de méd. et de chirurg. prat.*, t. VII, p. 218.

Glande pituitaire et infundibulum.

Selon les uns, la glande pituitaire est une sorte d'éponge qui d'abord absorbe la pituite ou les humeurs du cerveau transmises par l'infundibulum, et qui, trop pleine, les laisse bientôt s'écouler à l'extérieur du crâne (Galien, Vésale, etc.); suivant les autres, elle représente exclusivement un organe sécréteur (Diemerbroeck, Leclerc, Manget, etc.); pour d'autres enfin, le corps pituitaire est à la fois une glande et un organe propre à l'excrétion des humeurs cérébrales (Willis, Vieussens, etc.).

Quant à la question de savoir quelles voies parcourent ces humeurs pour s'échapper au dehors, les anciens auteurs sont divisés d'opinion.

Galien (1), faisant servir l'infundibulum et le corps pituitaire à excréter une partie de la pituite du cerveau, pense que celle-ci s'écoule à travers les porosités de la selle turcique. D'après lui, le liquide exhalé des ventricules latéraux est transmis dans les fosses nasales, à travers la lame criblée de l'ethmoïde, par l'entremise des processus olfactifs; tandis que celui qui provient des ventricules cérébelleux et moyen suit l'infundibulum et le corps pituitaire pour arriver au *palais* à travers le tissu poreux du corps du sphénoïde.

Vésale (2), attribuant à l'appareil pituitaire le même usage que lui accorde Galien, critique avec des paroles acerbes l'opinion de cet auteur en ce qui concerne le trajet ultérieur de la pituite cérébrale; il prétend qu'elle coule par tous les trous de la base du crâne, « per omnia foramina hic in calvariæ basi tum venis, tum arteriis, tum nervis ipsis exculpta. »

D'après Diemerbroeck (3), la glande pituitaire sécrète un liquide qui, par le moyen de l'infundibulum, s'épanche dans le troisième ventricule, de là dans les ventricules latéraux, d'où il parvient dans les fosses nasales à l'aide des *processus mamillaires* (nerfs olfactifs). Meckel (4), embrassant une partie de cette opinion, dit « qu'il serait possible que l'entonnoir servît à transmettre dans les ventricules

que la *pituitaire* est squirrheuse chez la plupart des individus atteints d'hyd

N tions des auteurs précédents, il est permis de croire que les u tuitaire restent encore ignorés. Dire que les liquides exhalés du c bés par cet organe, qu'ils le traversent pour se répandre exclusiv sinus caverneux et coronaire, c'est leur assigner gratuitement u'élimination ; tandis qu'il est rationnel de penser que l'humeur du cerveau, selon l'expression des anciens, est, au contraire, par toutes les veines encéphaliques. Assurément on ne voit pas en quoi l'absorption, effectuée par de tels agents, pourrait réclamer le concours du corps pituitaire.

Rappellerai-je encore l'opinion de Tiedemann (1), qui assimile le corps pituitaire à un ganglion du grand sympathique, et qui en fait le centre organique propre à diriger les mouvements associés des deux iris? J'ai déjà eu l'occasion de prouver (page 296) qu'une pareille opinion ne reposait sur aucune base solide.

La pathologie et l'anatomie comparée ne nous ont rien appris, jusqu'à présent, sur les usages du corps pituitaire.

Lobes cérébraux, ou cerveau proprement dit.

Nous nous sommes déjà appliqué à rechercher si les lobes cérébraux étaient *sensibles* par eux-mêmes (page 202 et suiv.), s'ils étaient *excitables*, c'est-à-dire si, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, ils pouvaient donner lieu à des secousses convulsives; et nous avons résolu ces questions d'une manière négative. Toutefois nous avons fait observer qu'on tomberait dans une grave erreur, si, généralisant ce que l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les lésions morbides de ces organes, chez l'homme, tout dût se passer nécessairement et toujours comme dans les expériences; mais aussi nous avons exposé les raisons propres à concilier les résultats de l'expérimentation avec ceux de l'observation clinique.—Maintenant notre étude va se diriger sur les rapports des lobes cérébraux avec les sensations, avec les mouvements volontaires, avec les facultés intellectuelles, morales et instinctives.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les sensations.

Plusieurs physiologistes affirment qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'animal perd la perception de toutes ses sensations. En ce qui concerne la *sensibilité générale*, j'ai fait valoir (page 210 et suiv.) les arguments qui tendent à démontrer que la soustraction des lobes cérébraux n'exclut pas, d'*une manière absolue*, la perception simple des impressions cutanées ou viscérales, mais qu'elle empêche seulement la formation ultérieure des idées en rapport avec cette perception. Je n'ai donc plus qu'à déterminer ici l'état des *sens spéciaux* (vue, ouïe, odorat, goût) chez un animal auquel les précédents organes ont été soustraits.

Suivant Flourens (2), quand on enlève le lobe cérébral d'un côté, l'animal ne voit plus de l'œil du côté opposé; et, quand on enlève les deux lobes, il devient

(1) *Sur la part que le grand sympathique prend aux fonctions des organes des sens* (*Journ. compl. du Dict. des sc. méd.*, t. XXIII, p. 112).
(2) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 31 et suiv.

aveugle, bien que les deux iris conservent leur mobilité. Magendie (1) affirme d'abord que, « dans les oiseaux, la soustraction des hémisphères rend l'œil insensible à la lumière la plus vive » ; puis, plus tard (2), il parle d'un canard qui « y voyait encore assez pour se conduire ». Bouillaud (3) est porté à croire, d'après ses propres expériences, qu'un animal sans lobes cérébraux perçoit encore des sensations lumineuses : « Il est vrai, dit cet observateur, qu'il se heurte contre tous les obstacles; mais la perte de la mémoire, d'où dérive la connaissance des objets extérieurs, ne pourrait-elle pas expliquer ce phénomène? Cet animal ouvre les yeux quand on le réveille; il regarde çà et là d'un air stupide; sa pupille se contracte à une forte lumière. Tous ces phénomènes s'accordent-ils avec l'absence de toute sensation de lumière? »

J'ai déjà dit que j'avais enlevé *complétement* les hémisphères cérébraux sur différents mammifères et sur des pigeons, en ménageant avec le plus grand soin les couches optiques proprement dites, les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut *dix-huit jours*. L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois que j'approchais brusquement une lumière de ses yeux, l'iris se contractait, et souvent même le clignement avait lieu ; mais, chose remarquable, aussitôt que j'imprimais un mouvement circulaire à la bougie enflammée, et à une distance assez grande pour qu'il n'y eût point sensation de chaleur, le pigeon exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Ces observations, renouvelées chaque jour en présence des personnes qui assistaient à mes leçons, ne me laissent aucun doute sur la persistance de l'impressionnabilité à la lumière, chez les oiseaux, après que les hémisphères cérébraux n'existent plus. Du reste, l'animal tantôt évitait les obstacles, et tantôt allait se heurter contre eux : peut-être ce dernier fait s'explique-t-il, en effet, par la perte de la mémoire, comme le soupçonne Bouillaud. A l'autopsie, je constatai que l'ablation des lobes cérébraux était bien entière. — Chez les jeunes chats, les très jeunes chiens et les jeunes lapins, l'iris continuait aussi de se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive ; parfois même alors les paupières se rapprochaient.

Si l'on considère que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés ou même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice de la sensibilité à la lumière, et que toujours cette contractilité cesse par la soustraction des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, on pourra être amené à conclure que ces organes représentent le centre perceptif des impressions visuelles. Mais il faudrait bien se garder d'exagérer les conséquences d'une pareille conclusion ; car assurément, pour qu'il y ait *perception complète* des sensations lumineuses, et aussi pour que l'animal puisse prendre des déterminations en rapport avec ces sensations, l'*intervention du cerveau proprement dit est indispensable*.

J'ai relaté ailleurs (4) des faits pathologiques qui démontrent que, chez l'homme, la vue peut être *également* bonne des deux yeux, malgré l'atrophie considérable d'un hémisphère, ou malgré une perte énorme de sa substance à la suite de certaines lésions traumatiques du cerveau.

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 244.
(2) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 288.
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 43.
(4) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 666 et suiv.

Quan[illegible] *de l'ouïe*, on sait déjà que, d'après Flourens (1), il est complétement p[illegible]me les deux lobes cérébraux sont enlevés. Magendie (2) ne partage poin[illegible]n : « Enlevez, dit-il, les lobes du cerveau et ceux du cervelet sur [illegible]cherchez ensuite à vous assurer s'il peut éprouver des sensations, [illegible]rez facilement qu'il est sensible aux odeurs fortes, aux saveurs, [illegible]pressions sapides. Il est donc bien positif que les sensations n'ont pas [illegible]ans les lobes cérébraux et cérébelleux. »

No[illegible]ons ni comment, ni sur quels mammifères Magendie a pu s'assurer de l'i[illegible]té de l'ouïe, après la soustraction simultanée des lobes cérébraux et cérébelleux. Quant à nous, nous avons toujours vu, à la suite de mutilations aussi graves, les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins tomber dans une telle prostration, que les détonations les plus fortes n'ont jamais paru les émouvoir; leur impassibilité a été la même après l'ablation des seuls hémisphères cérébraux. Nous avons donc eu recours à des oiseaux, qui ont pu être soumis à des épreuves nombreuses pendant les quelques jours qu'ils ont vécu sans leurs lobes cérébraux. Voici le résultat de nos observations :

Un pigeon dépourvu de ses lobes, étant placé sur un support immobile et en dehors d'un écran formé d'une planche assez large et assez épaisse, nous profitions des instants où ses yeux étaient fermés (ce qui avait lieu le plus ordinairement) pour faire détoner une arme à feu (*). A chaque détonation, l'animal assoupi ouvrait les yeux, allongeait le cou, levait la tête, puis reprenait stupidement sa première attitude et fermait de nouveau ses paupières. Quand les animaux conservaient un reste de vivacité, les effets étaient toujours les mêmes, et souvent la détonation de simples capsules était suffisante pour rendre ces effets très manifestes. Ces expériences ont été reproduites, dans nos cours de vivisections, non pas une fois, mais plusieurs centaines de fois. Nous sommes donc porté à croire que, privés de leurs lobes cérébraux, les oiseaux peuvent encore percevoir, *au moins confusément*, des sensations auditives qui, d'ailleurs, ne déterminent de leur part aucune autre réaction que celles qui viennent d'être mentionnées. A côté de pigeons sans cerveau, nous avons été curieux de placer des pigeons intacts et d'autres dépourvus de cervelet; à chaque détonation, ceux-là se sont enfuis effrayés, et ceux-ci se sont débattus en témoignant aussi une vive frayeur.

Si ces expériences tendent à prouver que l'ouïe n'est pas entièrement abolie par la mutilation indiquée, elles démontrent, en outre, que le concours des lobes cérébraux est indispensable pour que l'animal sache prendre des déterminations relatives à la nature des sensations auditives qu'il éprouve; elles établissent enfin que le cervelet n'est point nécessaire à l'audition.

Quand on enlève les lobes cérébraux, ordinairement on enlève aussi les nerfs olfactifs, et, par conséquent, on détruit le *sens de l'odorat*. Il est vrai que Magendie (3), qui fait présider le trijumeau à l'olfaction, et qui confond les sensations tactiles des narines avec les sensations olfactives, prétend que les animaux privés de lobes cérébraux restent sensibles aux *odeurs fortes* (ammoniaque, acide acé-

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 36.
(2) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 213.
(*) Petit pistolet de poche.
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 170-171.

tique, etc.); mais il est facile de voir que de telles expériences ne sauraient prouver que la persistance de la sensibilité générale de la pituitaire, et non l'intégrité de l'odorat.

Flourens (1) a retranché sur une poule les deux lobes cérébraux, en respectant les couches inférieures de ces lobes, auxquelles les racines des bulbes olfactifs adhèrent. « Cette poule, ainsi privée de ses lobes, a vécu, dit Flourens, plus de six mois; et, à quelque épreuve que je l'aie soumise durant tout ce temps, il n'a jamais paru dans toute sa conduite le moindre indice d'où l'on pût conclure qu'elle odorât. »

Nous n'avons, à ce sujet, aucune expérience qui nous soit personnelle.

Magendie (2) avance que la soustraction du cerveau et du cervelet, chez un mammifère, n'abolit point le *sens du goût :* il n'indique, d'ailleurs, aucun des corps sapides dont il a fait usage. Si des substances caustiques, comme l'ammoniaque par exemple, ont été employées, il est évident qu'on n'a pu démontrer ainsi que la persistance de la sensibilité générale de la muqueuse de la langue, et non celle du goût.

Quoi qu'il en soit, Flourens (3), d'après ses expériences sur une poule, croit que le sens gustatif disparaît avec les lobes cérébraux, et il se fonde sur ce que « vingt fois, au lieu de grain, il a mis des cailloux dans le *fond* du bec de cette poule; qu'elle a avalé ces cailloux comme elle eût avalé du grain ». — Mais ce dernier fait n'a rien de démonstratif à nos yeux, attendu que, dans l'état normal, la déglutition s'accomplit forcément chez l'animal, et chez l'homme lui-même, toutes les fois que le bol alimentaire ou un corps étranger quelconque a franchi une certaine limite dans le *fond* de la bouche : aussitôt survient, en effet, une contraction involontaire du pharynx qui entraîne le tout en dépit de la volonté. D'ailleurs, un grain de blé, d'avoine, etc., non broyé, et un petit caillou doivent-ils produire une sensation bien différente, quand ils sont introduits de la sorte dans le fond du gosier d'un oiseau qui ne sait plus manger seul? La consistance de l'objet peut sans doute éclairer l'animal pourvu de son cerveau; mais quand il en est privé, est-il encore apte à la *juger*, à se souvenir?

J'ai enlevé les lobes cérébraux à de jeunes chats, à de jeunes chiens; puis, ayant versé de la décoction concentrée de coloquinte dans la gueule de ces animaux, je les ai vus exécuter des mouvements brusques de mastication, faire grimacer leurs lèvres, comme s'ils cherchaient à se débarrasser d'une sensation désagréable. Les mêmes mouvements s'observent, chez un autre animal sain de même espèce, aussitôt qu'on l'a forcé à avaler cette décoction amère.

En résumé, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le siége des perceptions sensoriales *brutes* (qu'on me passe l'expression), du siége de l'intelligence et de la volonté (*), et je ne crois pas pouvoir admettre que la *perte absolue* de toutes les sensations résulte nécessairement de la soustraction des lobes cérébraux. On découvrira peut-être un jour, dans les parties basilaires de l'encéphale,

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 95.
(2) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 244.
(3) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 91.

(*) Je ne fais que *soupçonner* que les perceptions olfactives sont dans le même cas que les autres, n'ayant point à ce sujet d'expériences qui me soient propres.

perceptifs égal à celui des instruments chargés de recueillir
a la perc du corps les diverses impressions ; mais assurément, dans l'état actuel
de la aurait de la témérité à proposer telles ou telles localisations.—
Je n as moins le cerveau *proprement dit* comme l'organe de perfec-
t ane d'élaboration essentielle, où les diverses sensations doivent
a luire tout leur effet, pour être, en quelque sorte, appréciées à
; et je répéterai, avec Cuvier (1), qu'il est la partie de l'encé-
les sensations prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables ; qu'il sert, par conséquent, de siége à la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations. Sans ses lobes cérébraux, l'animal n'a donc, pour ainsi dire, rien à gagner à la survivance de la perception de ses sensations, et il doit le plus souvent se comporter, dans ses actes, comme si elle n'était point conservée : l'expérimentation peut seule provoquer quelques réactions propres à révéler cette survivance.

Nous rappellerons, en terminant, le sentiment de Bouillaud (2) sur la question qui nous occupe : « Je puis assurer, dit cet observateur, que j'ai enlevé un grand nombre de fois diverses portions des lobes cérébraux, sans altérer la vue et l'ouïe, bien que les animaux eussent perdu, par cette ablation, une ou plusieurs des facultés dites intellectuelles... Quant à l'assertion que les sensations de la vue et de l'ouïe occupent le même point que toutes les autres facultés *intellectuelles* et *volitionnelles* (Flourens)..., il résulte de ce que je viens de dire qu'elle est expérimentalement inexacte. »

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les mouvements volontaires.

Les lobes cérébraux sont loin d'exercer sur les mouvements volontaires une influence aussi immédiate dans toutes les espèces animales que dans la nôtre. La lésion de ces mouvements, à la suite de lésions analogues des lobes cérébraux, n'offre pas en effet un degré égal d'importance dans les diverses classes d'animaux, ni même chez les animaux d'une même classe, mais d'âge différent. Enlevez un lobe cérébral tout entier à un reptile, à un oiseau, c'est à peine si parfois vous pourrez constater une faiblesse passagère dans une moitié du corps. Cette faiblesse sera déjà plus évidente chez un mammifère inférieur, un lapin par exemple ; elle sera très grande, si l'opération a été pratiquée sur un chien, et d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapprochera davantage de l'âge adulte, d'autant moins marquée qu'il sera plus jeune. Au contraire, chez l'homme, une lésion infiniment moindre d'un hémisphère cérébral pourra être suivie d'hémiplégie, même complète.

Voyons maintenant ce qui advient du côté des mouvements volontaires, dans les diverses classes d'animaux, quand les *deux* lobes cérébraux ont été soustraits à la fois. « Par cette ablation, dit Desmoulins (3), les reptiles et les poissons, *dont la spontanéité reste entière*, ne paraissent avoir rien perdu de l'usage de leurs mouvements ; les carpes nagent aussi agilement qu'auparavant... Et parmi les oiseaux,

(1) *Rapport sur les travaux de* FLOURENS.
(2) *Rec. cit.*, p. 46.
(3) *Anatom. des syst. nerv.* Paris, 1825, 2e part., p. 626

les canards courent, sautent, nagent après la perte de leurs hémisphères. » Pour Flourens (1), cette mutilation, chez les reptiles et les oiseaux, abolit sans retour « tous les mouvements *spontanés*, c'est-à-dire dus à une volonté expresse, à la volonté même de l'animal ». Flourens (2) dit néanmoins, en parlant d'une poule qu'il a conservée vivante pendant dix mois entiers, « qu'elle secoue sa tête, agite ses plumes, quelquefois même les aiguise et les nettoie avec le bec ; que quelquefois elle change de patte, etc. » — Suivant Gall (3), Bouillaud (4), Gerdy (5), etc., il est difficile de comprendre quelle cause autre que l'intelligence, l'instinct, la sensation ou la volonté, pourrait déterminer de pareils mouvements. Aussi, d'après ses expériences, Bouillaud affirme-t-il qu'un animal dépourvu de ses lobes cérébraux conserve encore le pouvoir d'exécuter divers mouvements spontanés ou volontaires. S'appuyant sur ses recherches personnelles, Gerdy reconnaît que « l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, dans un état de *volonté paresseuse*, mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de *perceptivité et de volonté* ». Cet auteur regarde comme centres de perception et de mouvements volontaires, non-seulement les lobes cérébraux, mais encore le mésocéphale.

Si, chez les oiseaux dépourvus depuis plusieurs jours de leurs lobes cérébraux, on voit en effet s'accomplir quelques mouvements qu'on est tenté de rapporter à une influence volontaire, il est difficile de répéter les mêmes observations chez les jeunes mammifères, qui ne survivent au plus que deux ou trois heures à cette grave mutilation.

Il est vrai que j'en ai vu, auxquels je n'avais laissé que la moelle, le bulbe et la protubérance, se frotter le nez avec leurs pattes antérieures à la suite de l'inspiration de vapeurs ammoniacales; mais, ayant vu aussi des grenouilles entièrement décapitées diriger leurs pattes postérieures vers l'anus que je cautérisais avec l'acide azotique, il ne me semble guère permis d'admettre là autre chose qu'un *phénomène réflexe*, et d'en conclure que la volonté ait un autre siége que les lobes cérébraux.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre que, dans l'état normal, l'incitation à laquelle succèdent les mouvements volontaires naît *principalement*, sinon exclusivement, dans les lobes cérébraux. Tant que ces parties sont intactes, les animaux n'ont qu'à vouloir pour changer de place, pour imprimer à leurs membres les mouvements les plus variés et les plus étendus. — Examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène. La volonté donne l'impulsion déterminante ; mais la contraction des muscles, qui est nécessaire pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe qui, comme l'a démontré Lorry (6), émane spécialement de la moelle allongée : aussi l'irritation artificielle de celle-ci met-elle immédiatement en jeu

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 33.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 89.
(3) *Sur les fonct. du cerveau, etc.* Paris, 1825, t. VI, p. 224.
(4) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 45.
(5) *Bulletin de l'Acad. de médec.*, t. V, n° 17, p. 247 et 248.
(6) *Mémoires de l'Académie des sciences, Mémoires des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.

re, tandis que celle des lobes cérébraux, où siége la volonté, n'est suivi ucun effet analogue.

Le aux étant composés de deux substances, on a cherché à déter- des mouvements volontaires, dans les maladies, dépendait d'al- r siége spécial dans l'une ou dans l'autre de ces substances. Les re Foville et Pinel-Grandchamp (1) les ont conduits à avancer que la substance blanche des hémisphères est affectée aux mouvements volontaires, à l'exclusion de la matière grise des circonvolutions: les lésions de celle-ci ne seraient donc point susceptibles de produire la paralysie.

Mais d'autres observateurs affirment que l'altération isolée de la substance corticale peut être suivie de l'abolition du mouvement. Selon Calmeil (2), dans la paralysie générale des aliénés, les principales altérations siégent dans la substance grise, à la superficie des circonvolutions et dans les enveloppes du cerveau. « Dans plusieurs autopsies d'individus atteints de démence et de paralysie générale, dit Bottex (3), nous avons presque constamment rencontré la substance corticale ramollie et adhérant aux méninges dans une étendue plus ou moins considérable, et nous n'avons que très rarement trouvé l'altération de la substance blanche... » « Il n'est qu'une altération constante dans la paralysie générale, assure Parchappe (4), c'est le ramollissement de la couche corticale. » Puis cet auteur rapporte, à l'appui de son opinion, des exemples observés par lui-même, ou tirés des auteurs, parmi lesquels il cite Haslam, Bayle, Calmeil, Bouchet et Cazauvieilh, Ferrus, Bertholini, Sc. Pinel, etc.

N'ayant pu apprécier par nous-même la valeur respective de ces assertions contradictoires, c'est-à-dire répéter un assez grand nombre d'observations, nous ne saurions, jusqu'à plus amples renseignements, adopter, d'une manière exclusive, l'une ou l'autre de ces manières de voir.

L'incitation qui descend de l'hémisphère cérébral *droit* à travers la moelle allongée réveille l'action des muscles placés à *gauche* de la ligne médiane ; l'incitation qui provient de l'hémisphère gauche du cerveau active les muscles du côté droit du corps, du moins chez l'homme et les animaux supérieurs. Nulle autre vérité physiologique n'est mieux établie que celle-là, soit par les expériences sur des mammifères adultes, soit par les observations pathologiques recueillies sur l'homme. — Cependant il existe, dans la science, quelques observations qui prouvent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale. Nous avons déjà mentionné (p. 222) les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Maintenant il faudrait savoir si chaque groupe de mouvements volontaires ne serait pas influencé par des fractions déterminées des lobes cérébraux : après avoir reconnu qu'il n'est pas rare de rencontrer, chez l'homme, des lésions partielles des fonctions musculaires, par suite d'affections locales du cerveau proprement dit, il de-

(1) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonctions du syst. nerv.* Mars 1823, p. 3.—Art. *Encéphale* et *Aliénation mentale*, par FOVILLE, dans le *Dictionn. de médec. et chir. prat.*
(2) *De la paralysie considérée chez les aliénés.* Paris, 1826.
(3) *Du siége et de la nature des maladies mentales.* Paris, 1833.
(4) *Rech. sur l'encéphale.* Paris, 1838, 2e Mém., p. 172, 171.

venait naturel de rechercher à la lésion de quelle partie de cet organe correspondai la paralysie de telle région donnée du corps. Ces recherches, entreprises à diverse époques et poursuivies de nos jours, sont loin d'avoir donné, jusqu'à présent, de résultats satisfaisants. Déjà, ayant examiné la valeur de quelques-unes des localisations proposées, nous avons cru devoir rejeter l'opinion de Saucerotte, qui fai siéger le principe du mouvement des membres thoraciques dans les lobules postérieurs du cerveau, et celui du mouvement des membres pelviens dans les lobule antérieurs (page 418) : nous avons cru aussi ne pas devoir partager l'avis d'après lequel les lobules moyens et les cornes d'Ammon seraient le siége spécial du principe des mouvements de la langue (page 428).

Bouillaud (1) surtout a appliqué au cerveau, considéré comme agent de mouvement *coordonné*, le système de *pluralisation* que Gall avait proposé pour ce même organe en tant qu'instrument des phénomènes intellectuels et moraux. Selon Bouillaud (2), « il est évident que si cet organe n'était pas composé de plusieurs *centres moteurs ou conducteurs* du mouvement musculaire, il serait impossible de concevoir comment la lésion d'un de ses points entraînerait la paralysie d'une partie donnée du corps, sans porter aucune atteinte aux mouvements de toutes les autres parties. »

Bouillaud admet que, comme tous les organes chargés d'exécuter des mouvements volontaires, sous l'empire de l'intelligence, les organes des mouvements de la parole, par exemple, doivent avoir dans le cerveau un centre incitateur spécial : mais il ne s'est pas borné à admettre, dans ce viscère, l'existence d'une force particulière destinée à régir, à *coordonner* les merveilleux mouvements par lesquels l'homme, au moyen de la voix articulée, communique ses pensées, exprime ses sentiments, et peint, pour ainsi dire, les émotions de son âme ; il s'est de plus appliqué à découvrir dans quelle partie du cerveau réside une semblable force. Or, d'après de nombreuses recherches, cet observateur pense que l'élément nerveux dont il est question, et qu'il nomme *organe législateur de la parole*, réside dans les lobules antérieurs du cerveau. « Il faudra, dit Bouillaud (3), que dans les cas où les

la lésion ...bules antérieurs, et, en outre, elle peut avoir lieu dans des cas où l'anat... tre dans ces lobules aucune altération. »

Bc... paru avoir réfuté victorieusement plusieurs des objections de s... t avoir démontré que quelques-unes d'entre elles s'appuyaient ... interprétés (1). Toutefois, en nous fondant sur d'autres cas (*) ...arole avait été conservée, malgré le broiement, la désorganisa... ...x lobes antérieurs, malgré une perte de substance considérable aux dépens de ces deux lobes ou d'un seul; en tenant compte surtout de l'exemple d'une jeune idiote (2) chez laquelle il y avait absence complète des deux lobes antérieurs, et qui, pressée par la faim, prononçait néanmoins *quelques mots bien nettement articulés*, nous ne pouvons admettre que l'organe qui coordonne les mouvements de la prononciation siége spécialement dans les lobules antérieurs du cerveau.

En somme, et à supposer qu'on doive reconnaître, dans le cerveau, des régions distinctes pour correspondre aux divers mouvements volontaires, il n'est point démontré, du moins selon nous, qu'il y ait rien de positif dans les localisations proposées pour les principes actifs de ces mouvements. Notre conviction se fonde à la fois sur des expériences et sur des observations pathologiques.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec l'intelligence, les sentiments et les instincts.

Chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale; la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même; le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique; un arrêt de développement, une mauvaise conformation de cette masse suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme.... Mais à quoi bon accumuler des preuves pour établir que l'encéphale tient sous sa dépendance les phénomènes intellectuels et affectifs, n'est-ce pas là une vérité généralement admise?

L'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui président à l'exercice des facultés intellectuelles, morales et affectives. Les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés : nous ne comptons point l'opinion de Descartes sur la glande pinéale, celle de Willis sur les corps striés, de Lapeyronie sur le corps calleux, ou d'autres auteurs sur les ventricules latéraux, etc.

Si tant de désaccord existe à propos d'une localisation encéphalique aussi large, que sera-ce donc relativement à toutes ces petites localisations particulières proposées pour un si grand nombre de prétendues facultés primitives?

(1) Dans le journal *l'Expérience*, 1839, n°s 123 et 124.

(*) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, les paragraphes intitulés : 1° *Blessures graves du cerveau*; 2° *Appréciation de la doctrine des localisations au moyen de la pathologie.*

(2) *Anatom. pathol.*, par CRUVEILHIER, *Malad. du cerveau*, 8e livraison.

Appliquons-nous d'abord à rechercher si, dans les lobes cérébraux, se trouve la condition matérielle des manifestations de l'intelligence, des sentiments et des instincts ; plus tard, nous essayerons d'apprécier la doctrine qui assigne des siéges spéciaux aux diverses facultés de l'esprit, aux différentes qualités morales et instinctives.

I. L'*anatomie comparée*, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés (*), depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend en outre que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit : chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre. « A mesure, dit Meckel (1), que les facultés intellectuelles se perfectionnent dans la série animale, et chez les divers individus d'une même espèce, on voit la masse cérébrale croître en haut, en avant et sur les côtés, les hémisphères s'agrandir proportionnellement aux parties inférieures de l'encéphale, et le cerveau proprement dit grossir comparativement au cervelet. »

Beaucoup d'anatomistes se sont occupés de déterminer le poids de l'*encéphale entier*, relativement à celui du corps, au lieu de déterminer le poids relatif des seuls lobes cérébraux. Or, si l'on veut admettre que ces parties de l'encéphale sont spécialement en rapport avec l'exercice de l'intelligence, c'est ce qu'il aurait fallu faire, ayant en vue d'arriver, par une semblable voie, à quelques données sur le développement intellectuel des animaux : car, comme nous le disions plus haut, l'encéphale, pris en masse, est un organe à fonctions multiples, en rapport avec les sensations, l'intelligence, les mouvements volontaires, et certaines fonctions organiques. Mais, même en ne prenant que les lobes cérébraux, il faudrait, pour rester dans les termes d'une comparaison rigoureuse, ne choisir de ces lobes que les parties exclusivement affectées aux fonctions intellectuelles, ce qui assurément est impraticable dans l'état actuel de la science. Dans les évaluations suivantes, d'ailleurs si variables selon les auteurs qui n'ont pas toujours tenu compte des différences d'âge et d'embonpoint, on ne s'étonnera donc pas de voir les résultats de pareilles pesées comparatives de l'encéphale n'être pas toujours à l'avantage de l'homme ou des animaux réputés les plus intelligents. Notre réflexion précédente s'applique même au rapport qu'on a cherché à établir entre le poids du cerveau et celui du cervelet ou de la moelle allongée.

D'après Cuvier (2), le poids de tout l'encéphale, chez l'*homme adulte*, étant au poids du corps : : 1 : 30 ou : : 1 : 35, il est chez le saïmiri : : 1 : 22 ; chez le saï : : 1 : 25 ; chez le ouistiti : : 1 : 28 ; chez le dauphin : : 1 : 36 (**) ; puis, dans

(*) LEURET (*Anat. comp. du syst. nerv.*, t. I, p. 153, 234, 284, 420), en recueillant toutes les observations qu'il connaissait, et en y joignant les siennes propres, est arrivé au résultat suivant : chez les poissons, le rapport de l'encéphale au corps est : : 1 : 5668 ; chez les reptiles : : 1 : 1321 ; chez les oiseaux : : 1 : 212 ; chez les mammifères : : 1 : 186.

(1) *Manuel d'anat.*, trad. de Jourdan. Paris, 1825, t. I, p. 271.

(2) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 149 et suiv.

(**) Il est important de faire observer que le rapport dont il s'agit est plus grand dans le jeune âge qu'aux autres époques de la vie ; ce qui explique comment on a pu assigner à ce rapport, pour l'encéphale du dauphin, des évaluations si différentes, 1/25, 1/36, 1/66, 1/102 (CUVIER, *ouvr. cité*), évaluations qui correspondent à des poids du corps de 35, de 200, et de 380 livres.

ux et chez la mésange : : 1 : 12; chez le serin : : 1 : 14; chez ; chez le moineau : : 1 : 25; chez le pinson : : 1 : 27; chez le : 32, etc.

soit des résultats d'une méthode aussi incertaine d'apprécia- d'un rapport physiologique entre le volume de l'encéphale et l'in- ...rce intellectuelle a paru, sinon démontrée, du moins probable à teurs.

, ayant pesé comparativement un nombre égal de cerveaux provenant d'hommes plus ou moins intelligents, est arrivé aux conclusions sui- 1° L'encéphale est, en général, plus pesant (*ce qui, en général, équi- à plus gros*) chez les hommes intelligents que chez les autres; 2° cette plus grande de poids ou de volume est, en général, plus marquée dans les lobes cérébraux que dans le cervelet. » Mais Lélut ajoute que ces deux propositions admettent beaucoup d'exceptions.

On cite plusieurs hommes, remarquables par la puissance de leur intelligence, comme ayant eu des cerveaux énormes:

Baldinger (2) assure que le cerveau de Cromwell pesait six livres et un quart; ce poids réduit, en prenant la valeur la plus faible de la livre anglaise, équivaudrait à 2^{kil},231. Sœmmering (3) regarde cette évaluation comme exagérée : « *Cranium enim ejus*, dit-il, *quod Oxonii vidi, non est insignis magnitudinis.* » On lit, dans le *Journal de phrénologie d'Edimbourg*, que le cerveau de Byron pesait environ 2^{kil},238. En rejetant, pour ces deux grands hommes, les évaluations précédentes comme exagérées, il est peut-être permis néanmoins de croire que leur encéphale dépassait les proportions ordinaires. Ce dernier fait est incontestable pour Cuvier et Dupuytren : le poids de l'encéphale du premier a été trouvé égal à 1^{kil},829, celui du second à 1^{kil},436.

Mais, assurément, c'est à peine si l'on peut considérer ces derniers exemples, d'ailleurs trop peu nombreux, comme des probabilités en faveur de l'opinion qui prétendrait mesurer, chez l'homme, la puissance intellectuelle d'après le volume et le poids de l'encéphale; car il s'agit, dans ces quatre cas, d'évaluations faites sur l'encéphale tout entier. Or, si l'on veut admettre, avec Gall, qu'une partie seulement des hémisphères cérébraux est en rapport avec l'exercice de la pensée, et que ceux-ci se subdivisent en autant d'organes qu'il y a de facultés fondamentales, on arrive facilement à concevoir que le volume de la masse encéphalique *entière* ne peut être absolument en rapport avec l'intensité de l'intelligence, et ne peut être considéré comme une mesure certaine et rigoureuse de cette intensité.

Toutefois, en s'aidant de l'anatomie et de la physiologie comparées, si l'on tient compte de ces deux conditions, volume du cerveau et complexité de structure avec augmentation de superficie, il nous semble qu'on pourra, *en général*, établir un parallèle de quelque valeur entre la prééminence des facultés intellectuelles et la prépondérance des lobes cérébraux.

Desmoulins (4) a avancé que le nombre et la perfection des facultés intellectuelles, dans la série des espèces, et dans les individus de la même espèce, sont en

(1) *Du poids du cerveau dans ses rapports avec le développement de l'intelligence* (*Journ. des conn. méd.-chirurg.*, mai 1837, t. V, p. 211).

(2) BALDINGER'S *Magazine*, t. IV, p. 570, cit. de Sœmmering.

(3) *De corporis humani fabrica*. Traj. ad Mœnum, 1798, t. IV, p. 38.

(4) *Anat. des syst. nerv. des animaux vertébrés*. Paris, 1825, 2e part., p. 606.

proportion de l'étendue des surfaces cérébrales; que l'étendue de ces surfaces est en raison du nombre et de la profondeur des circonvolutions.

Suivant Desmoulins : 1° le dauphin est l'animal qui a le plus de circonvolutions; 2° celles-ci, dans les chiens, et surtout dans les chiens de chasse, ne sont guère moins nombreuses ni moins profondes que dans les singes, et même dans l'homme; 3° les ouistitis, qui n'ont guère plus de circonvolutions que les écureuils, n'ont qu'une intelligence analogue à celle des écureuils, et fort inférieure à celle des autres singes; 4° les chiens, qui ont des sillons plus nombreux au cerveau que n'en ont les chats, l'emportent sur les chats en intelligence; 5° les sarigues, les édentés, les tatous, les paresseux, les rongeurs, n'ont pas de plis à leur cerveau; ils sont moins intelligents que les chiens et les chats.

A la vérité, Leuret fait observer que Desmoulins a négligé de tenir compte de plusieurs faits contraires à son système : ainsi l'étendue de la surface cérébrale des ruminants, dont Desmoulins ne parle pas, celle du mouton en particulier, est suivant Leuret, proportion gardée, supérieure à celle du chien, du chat, du renard, etc., qui l'emportent en intelligence sur le mouton.

Malgré l'importance de cette objection, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont le plus nombreuses et se rapprochent le plus par leur arrangement de celles de l'homme, il devient bien difficile de ne pas admettre qu'en général la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le développement de l'intelligence.

Dans l'espèce humaine, la profondeur des anfractuosités est infiniment variable chez les différents individus : c'est là un fait que nous avons constaté sur bien des cerveaux, en choisissant toujours, pour établir nos mesures, des anfractuosités qui étaient constantes et qui d'ailleurs se correspondaient. Il en résulte qu'à volume égal, deux cerveaux peuvent présenter des surfaces bien différentes en étendue: or, si l'on veut admettre qu'ici, en effet, l'étendue des surfaces a de l'influence sur l'intensité de la force fonctionnelle, serait-il défendu de faire servir de pareilles différences anatomiques à l'explication des différences individuelles qu'offre le développement intellectuel? Quoi qu'il en soit, la crânioscopie est inhabile à révéler les variétés de dispositions dont il s'agit : elle signale quelquefois, et le plus souvent elle croit signaler, les saillies des circonvolutions, mais elle néglige forcément la profondeur des anfractuosités, c'est-à-dire, en raisonnant d'après la doctrine de Desmoulins, une particularité organique pouvant avoir une grande influence sur l'intensité de la fonction.

Il faut encore noter que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : ce fait peut avoir, au point de vue auquel nous nous plaçons, une grande importance physiologique, surtout si l'on veut accepter avec Willis (1), Vieussens (2), etc., que la substance corticale est la partie réellement active des hémisphères céré-

(1) *De anat. cerebri*, etc. In-12, Amsterdam, 1683, cap. x, § 4, p. 76.
(2) *Necrogr. univers.* Lyon, 1685, cap. XVIII, p. 113.
Nota. — WILLIS et VIEUSSENS considèrent la substance grise comme destinée à *produire* la force nerveuse, et la substance blanche comme appelée à *transmettre* cette force aux cordons nerveux et de là aux divers organes de l'économie.

braux, et, avec Foville (1), qu'elle doit être regardée comme le siége des facultés intellectuelles. Ainsi sachons donc que deux cerveaux de volume égal peuvent offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que, l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface varie par suite de la profondeur différente des anfractuosités ; soit parce que, l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre. Ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale nous a paru aussi être très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle, qu'on ne saurait non plus apprécier à l'aide de la crânioscopie, ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, surtout quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface (2).

Du reste, chez les idiots aussi, à part les hémisphères cérébraux, les autres parties de l'encéphale sont ordinairement bien conformées ; autre preuve que c'est bien en effet dans ces hémisphères qu'il faut surtout chercher le siége des facultés supérieures de l'âme.

Les *expériences* peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau proprement dit dans l'exercice de ces mêmes facultés.

Les animaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (3), perdent toute perception, toute intelligence en général ; ils perdent encore jusqu'à ces instincts propres, inhérents à chaque espèce et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre côté, comme nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et perceptives ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadrijumeaux, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces facultés appartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux.

Selon Bouillaud (4), « *il est douteux* que les lobes cérébraux soient le réceptacle unique de tous les instincts, de toutes les volitions ». Cet observateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes cérébraux (*) est profondément stupide ; « qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux, ni les personnes ; qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui concerne cette connaissance ; qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc. ; qu'en un mot, on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intellectuelles. »

Toutefois on serait trop exclusif en affirmant que, chez les oiseaux par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent par la soustraction des lobes cérébraux, puisque des poules privées de ces organes peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, reposer leur corps tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on

(1) Art. *Encéphale* et *Aliénation mentale* du *Dict. de méd. et de chirurg. prat.*
(2) Art. *Aliénation mentale*, par FOVILLE, t. I, p. 553 du *Dict. cité.*
(3) *Ouvr. cit.*, p. 130.
(4) *Mém. cit.*
(*) Les mammifères ne survivant que quelques instants à l'ablation des lobes cérébraux, et, au contraire, les oiseaux y survivant pendant des semaines et des mois entiers, on conçoit que les études dont il s'agit ont dû être faites sur des oiseaux.

cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et aiguiser leurs plumes avec le bec, etc. (1). On n'est donc peut-être pas suffisamment autorisé à établir que le cervelet soit absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des qualités instinctives, sinon pendant celui qui correspond à l'activité de certaines facultés intellectuelles.

Beaucoup de physiologistes ont prétendu que, si une différence de volume entre les deux hémisphères cérébraux existait chez un individu, il en résulterait pour lui une infériorité intellectuelle considérable, une imparité dans les sensations qui ne lui permettrait de juger de rien avec assurance: ils croyaient que, lors de l'exercice des facultés de l'esprit, les deux hémisphères devaient agir nécessairement ensemble, et que leur entier concours réclamait leur parité parfaite. Bichat lui-même avait cette dernière prévention. Mais il ne se doutait pas que son cerveau mal symétrique dût donner un démenti formel à sa doctrine : en effet, l'un de ses lobes cérébraux était notablement plus volumineux que l'autre; de sorte que, si son opinion eût été vraie, Bichat aurait dû être tout autre qu'il ne fut, c'est-à-dire rien moins qu'un des plus grands anatomistes et des plus grands physiologistes des temps modernes.

Au contraire, il m'a été facile d'établir, par des exemples (2), qu'en l'absence presque complète d'un hémisphère cérébral, l'homme peut encore jouir normalement de ses facultés intellectuelles. Mais, en disant qu'un seul hémisphère cérébral sain peut suffire à l'exercice de l'intelligence, je n'entends pas avancer que toutes les fois que l'un d'eux sera parfaitement sain, du moins en apparence, les facultés de l'esprit seront nécessairement intactes; car des faits nombreux prouvent qu'elles peuvent être troublées par diverses lésions siégeant d'ailleurs dans *une région quelconque* d'un seul hémisphère, tant peut être grande, quelquefois, la réaction d'un foyer maladif local sur l'ensemble de l'instrument de la pensée.

Cependant, si l'observation démontre que l'intelligence peut se conserver avec le même degré d'intensité, chez des personnes presque entièrement privées d'un hémisphère du cerveau, elle tend également à faire supposer que, chez elles, l'intelligence ne peut s'exercer d'une manière aussi continue qu'à l'état normal. Ferrus nous a rapporté que le général B..., ayant perdu, à la suite d'une blessure, une grande partie du pariétal gauche, présente une atrophie considérable de l'hémisphère correspondant, qui se traduit à l'extérieur par une dépression énorme du crâne. Ce général a conservé la même vivacité d'esprit, la même rectitude de jugement, mais il ne peut se livrer quelque temps aux travaux intellectuels sans en éprouver bientôt de la fatigue. Nous avons connu un autre ancien militaire qui était absolument dans le même cas.

On n'est pas autorisé à induire des faits qui précèdent, que les deux hémisphères cérébraux, à l'état normal, fonctionnent et se reposent alternativement, comme le veulent quelques physiologistes. De semblables faits paraissent prouver seulement que l'hémisphère sain, pour produire le même résultat intellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité plus grande, d'où nécessairement une fatigue plus prompte. Mais, en réalité, on ignore si ordinairement l'action

(1) *Ouvr. cit.* de FLOURENS, p. 89. Mémoire de BOUILLAUD, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 44.
(2) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 667 et suiv.

des deux hémisphères cérébraux est simultanée ou alternative, pendant que l'homme s'abandonne aux inspirations de son esprit ou qu'il subit l'influence de ses passions.

II. Gall et ses partisans, pour qui les facultés supérieures de l'âme siégent dans les lobes cérébraux antérieurs, ont avancé que l'intelligence l'emporte d'autant plus sur les sentiments et les instincts, que les régions antérieures du cerveau et du crâne sont plus développées relativement aux autres régions de ces organes. De plus, ils ont admis qu'il existe, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux et circonscrits pour les diverses facultés intellectuelles, pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette doctrine ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est *prouvé* ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes.

A. En démontrant que la perte absolue ou la perversion des facultés intellectuelles et morales peut résulter d'altérations développées en *un point quelconque* du pourtour ou de l'épaisseur des hémisphères cérébraux, les *observations pathologiques*, comme nous l'avons établi dans un autre ouvrage (1), tendent à infirmer la doctrine précédente. Il est vrai que ses partisans répondent que, si l'intelligence est abolie ou troublée par une lésion limitée aux lobes postérieurs ou moyens du cerveau, c'est seulement en vertu d'une réaction sympathique sur les lobes antérieurs. Mais n'est-on pas en droit de leur rétorquer le même argument, et de soutenir que si le trouble de la raison accompagne la lésion des lobes antérieurs, c'est seulement aussi en vertu d'une réaction sur les lobes postérieurs ou moyens, puisque, je le répète, l'observation directe démontre qu'une altération morbide, indifféremment limitée à tel ou tel lobule cérébral, peut pervertir également les facultés de l'esprit ?

C.-G. Neumann (2) n'a-t-il pas été conduit à penser, d'après l'examen du cerveau de cinquante aliénés, que l'intelligence résidait dans la portion occipitale des lobes cérébraux ; opinion qui trouverait, suivant Cruveilhier (3), quelque appui dans ce fait anatomique qu'il a bien souvent constaté, savoir : que l'atrophie du cerveau des vieillards en démence porte sur les circonvolutions occipitales beaucoup plus encore que sur les circonvolutions frontales ? Mais, s'il nous plaisait, à notre tour, d'attribuer aux lobes moyens le même rôle assigné par Neumann aux lobes postérieurs, et par d'autres aux lobes antérieurs, assurément les observations ne nous feraient pas défaut ; preuve qu'en s'appuyant sur les faits pathologiques, il n'est point une partie des hémisphères cérébraux dans laquelle on ne serait tenté de faire résider l'intelligence, et que, par conséquent, la pathologie ne saurait autoriser à localiser les facultés intellectuelles, en général, plutôt dans telle région cérébrale que dans telle autre. — Dès lors, est-il besoin d'ajouter qu'elle est loin d'avoir fourni des preuves en faveur des siéges spéciaux qu'on a prétendu assigner à ces diverses facultés ?

B. Dans la question qui nous occupe, je suis bien loin d'accorder aux résultats

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv. — Faits pathol.* Paris, 1842, t. I, p. 670 à 691.
(2) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermögens systematisch bearbeitet.* Leipzig, 1822.
(3) *Anat. descript.*, 2e édit. Paris, 1845, t. IV, p. 346.

des *expériences* faites sur les animaux vivants l'importance que semblent leur donner certains physiologistes, et de leur reconnaître la même valeur qu'aux faits empruntés à la pathologie, et surtout à l'anatomie comparée.

« On peut retrancher, dit Flourens (1), soit par devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par côté, une portion assez étendue des lobes cérébraux, sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions... » Mais, la déperdition de substance devenant plus considérable, « dès qu'une perception est perdue, toutes le sont; dès qu'une faculté disparaît, toutes disparaissent. *Il n'y a donc point de siéges divers ni pour les diverses facultés, ni pour les diverses perceptions.* La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre; et conséquemment cette faculté, essentiellement une, réside essentiellement dans un seul organe. »

Puisque les observations de pathologie mentale démontrent que l'homme peut perdre tantôt une faculté, tantôt une autre, toutes les autres demeurant intactes, il est difficile d'admettre que de semblables conclusions soient applicables à l'espèce humaine. Toutefois reconnaissons que souvent, chez l'homme, les diverses portions des lobes cérébraux se montrent tellement solidaires, dans l'accomplissement des actes intellectuels et moraux, que l'isolement dont nous venons de parler est bien loin de s'observer d'une manière constante: aussi, une pareille solidarité, si elle ne doit pas faire renoncer absolument à la recherche des fonctions des diverses parties des hémisphères cérébraux, environne-t-elle le problème des plus grandes difficultés. Assurément elle n'exclut pas l'existence possible, dans les lobes cérébraux, de divers instruments en rapport avec les différents phénomènes psychiques: mais, si l'on veut admettre la pluralité de ces instruments, quand et comment seront donc fournies les preuves péremptoires qui autoriseraient à indiquer les régions limitées du cerveau ou du cervelet où se passeraient les modifications relatives à telle ou telle série d'idées, de qualités morales ou instinctives? Il est vrai qu'aux yeux de quelques personnes cette sorte de topographie physiologique est déjà toute tracée; mais aussi quelle foi docile ne faut-il pas avoir pour la reconnaître?

Les expériences de Bouillaud (2) ne s'accordent point avec celles de Flourens. Ayant détruit ou profondément lésé, sur des poules, des pigeons, des chiens et des lapins, seulement la partie antérieure des deux hémisphères cérébraux, Bouillaud a vu ces animaux présenter des signes irrécusables d'un idiotisme profond. Après une pareille lésion, dit cet observateur, ils sentent, voient, entendent, odorent, s'effrayent facilement, s'impatientent quand on les contrarie, paraissent étonnés de leur situation, exécutent une foule de mouvements *spontanés*, instinctifs, crient, marchent, cherchent à éloigner machinalement les objets qui les irritent; mais ils ne reconnaissent plus les êtres divers qui les environnent, ne mangent plus d'eux-mêmes et ne font aucune action qui annonce des combinaisons d'idées, des raisonnements: les animaux les plus dociles, les plus intelligents, les chiens, par exemple, ne sont plus caressants, ne comprennent plus le langage qu'ils comprenaient auparavant, deviennent indifférents aux menaces et aux caresses, et ne profitent d'aucune correction. Ils ont perdu, sans retour, toute éducabilité, la mémoire des

(1) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 1842, 2e édit., p. 98 et suiv.

(2) *Rech. expérim. sur les fonctions du cerveau, et sur celles de sa portion antérieure en particulier* (*Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 91).

leur [illegible] personnes. Ils voient les objets extérieurs, mais ils ignorent les rappo[illegible] existent entre eux et leur propre conservation, mais ils n'en connaissent [illegible] qualités utiles, ni les qualités nuisibles. Ainsi, selon Bouillaud, l'anim[illegible] on a lésé profondément la partie antérieure des hémisphères cérébrau[illegible] privé de l'exercice d'un nombre plus ou moins considérable d'a[illegible] ls, continue à jouir de ses facultés sensitives » ; « preuve, ajoute cet a[illegible] que la *sensation* et l'*intellection* ne sont pas une seule et même chose, une s[illegible] et même fonction, et qu'elles ont des *siéges distincts* ».

Mais Bouillaud n'a point publié, que je sache, comme contre-épreuve, les résultats provenant d'une désorganisation de la partie postérieure des hémisphères cérébraux. Or, on est autorisé à croire, en se fondant sur des faits pathologiques nombreux, que la lésion de cette partie peut aussi déterminer, au moins chez l'homme, un trouble marqué des fonctions intellectuelles.

Chez des chiens et des lapins, nous avons également produit des désorganisations partielles sur bien des régions différentes des deux lobes cérébraux, et spécialement sur leurs régions antérieures. Mais, ou bien nous n'observions rien de particulier, parce que la lésion était trop légère ; ou bien, celle-ci étant plus profonde, il survenait des phénomènes complexes dus à l'épanchement de sang dans les parties voisines, et alors les animaux succombaient trop tôt pour que nous eussions pu tirer de ces expériences des inductions rigoureuses. Survivaient-ils quelques jours, il nous devenait impossible de déterminer, par une série d'épreuves suffisantes, le genre et le degré de lésion intellectuelle ; confessons-le, il nous aurait fallu plus de perspicacité pour démêler, à travers les expressions de la souffrance, celles des différentes facultés, des divers instincts ou penchants. D'ailleurs, Bouillaud lui-même (1) n'avoue-t-il pas modestement « qu'en exposant les résultats de ses propres recherches, il est bien loin de se faire illusion sur leur peu de valeur, mais qu'il a pensé que, tels qu'ils sont, ils pourraient donner l'éveil à des expérimentateurs plus habiles, et provoquer des travaux plus sérieux. »

Jusqu'à présent, la *physiologie expérimentale* est donc loin d'avoir fourni des arguments sérieux en faveur de la localisation des instruments de l'intelligence dans les lobes antérieurs du cerveau.

C. Quant à l'*anatomie comparée*, souvent elle ne se montre guère favorable à une pareille localisation, et vient infirmer des localisations plus spéciales admises par les phrénologistes.

D'après la remarque judicieuse de Leuret (2), l'école de Gall a commis une singulière méprise : ayant vu que le front des animaux fuit en arrière, au point de s'abaisser presque au niveau des os propres du nez, on a conclu de cet abaissement à la diminution proportionnelle de la partie antérieure du cerveau, sans considérer que, chez les animaux, la cavité crânienne n'est pas au-dessus, mais en arrière des orbites, ce qui place le cerveau en arrière de la face et non au-dessus d'elle. Pour déterminer le *volume relatif* de la partie antérieure du cerveau, chez les animaux, il faut donc, suivant Leuret, non pas considérer la saillie du cerveau au-dessus des os de la face, mais comparer les cerveaux entre eux, les circonvolutions entre elles, et choisir, dans le cerveau lui-même, un point fixe qui serve de départ pour

(1) *Rec. cit.*, p. 66.
(2) *Anat. comp. du syst. nerv. considéré dans ses rapports avec l'intelligence.* Paris, 1839 t. I, p. 439 et suiv.

diviser chaque lobe en partie antérieure et en partie postérieure. Or, cet observateur a choisi le corps calleux : tout ce qui est en avant de ce corps, il l'appelle partie antérieure ; tout ce qui est en arrière de lui, il le nomme partie postérieure. On trouve, dans son estimable ouvrage, un tableau détaillé dans lequel des mammifères sont rangés d'après la longueur relative de la partie antérieure du cerveau. Le développement de cette partie antérieure, comme le volume des circonvolutions qui s'y rencontrent chez le mouton, le cheval, le bœuf, etc., est très considérable, si on le compare au développement de la partie correspondante chez des animaux beaucoup plus intelligents, tels que le chien, le renard, l'éléphant, et surtout les singes. En effet, en examinant la coupe du cerveau des uns et des autres, on trouve qu'au-dessus et en avant du corps calleux la masse cérébrale s'arrondit et s'élève chez les premiers, tandis que la disposition contraire a lieu chez les derniers.

Leuret a également rangé les animaux portés dans son premier tableau, d'après le développement des lobes cérébraux en arrière du corps calleux. On y voit, par exemple, que le mouton, la chèvre, le cavia-paca, l'âne, ont comparativement ces lobes moins développés en arrière que le chien et le renard, ceux-ci moins que le chat et le lion, au-dessus desquels se trouvent l'ours et la loutre. L'éléphant et tous les singes l'emportent, sous le rapport dont il est ici question, sur les animaux précédents, et en tête de tous se trouve le marsouin. L'homme, sous ce point de vue, l'emporte sur tous les autres mammifères.

Si le lapin, le kanguroo, le chameau, ne se trouvaient pas compris dans la première colonne, on serait porté à croire que le développement de la masse cérébrale postérieure est d'autant plus considérable, que les animaux sont plus élevés dans l'ordre intellectuel. Nouvelle preuve de la nécessité de multiplier les observations, avant de tirer des conclusions de celles qu'on a faites. Tiedemann (1), Spix (2) et Neumann (3) avaient déjà signalé l'opposition de développement entre les parties antérieure et postérieure des lobes cérébraux ; ces deux derniers auteurs y avaient même trouvé la base d'un système en vertu duquel l'intelligence aurait son siége dans les lobules postérieurs ou occipitaux.

Ce ne seraient donc point, relativement aux hémisphères cérébraux de l'homme, les parties antérieures du cerveau qui tendraient à s'amoindrir chez les mammifères, mais plutôt ses parties postérieures. Puis, en raisonnant d'après les principes de Gall, il y aurait, comme on vient de le voir, beaucoup plus d'organes intellectuels chez le mouton que chez le chien, le premier ayant la partie frontale des lobes cérébraux relativement beaucoup plus large et plus ondulée que le second. — Guidé par cette observation, Leuret (4) tenta, auprès de plusieurs personnes qui cultivaient la phrénologie *avec distinction*, depuis un grand nombre d'années, une expérience dont il rend compte dans les termes suivants : « Il m'est arrivé plusieurs fois, en montrant ma collection de cerveaux à des phrénologistes, de leur présenter en même temps un cerveau de chien de berger et un cerveau de mouton, en leur disant : Des deux animaux porteurs des cerveaux que vous

(1) *Icones cerebri simiorum*, etc. Heidelberg, 1821.

(2) *Cephalogenesis, sive capitis ossei structura, formatio et significatio per omnes animalium classes, familias, genera ac ætates, digesta atque tabulis illustrata, legesque simul psychologicæ et physionomicæ inde derivatæ*. Munich, 1815, in-fol., 18 pl. — Spix fait résider spécialement l'*imagination* dans les lobes postérieurs.

(3) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermögens systematisch bearbeitet*. Leipzig, 1822.

(4) *Ouvr. cit.*, p. 555.

voy[illegible] autre ; montrez-moi le conducteur. Tous, sans hésiter, ont désigné le [illegible]eau du mouton. Et ils étaient conséquents en agissant ainsi ; car le cerveau [illegible]uton est, à sa partie antérieure, bien plus élargi, bien mieux développé qu[illegible]ne l'est celui du chien. »

Dans un travail fort estimable, Lafargue (1) s'est attaché à établir : 1° que la forme du crâne et du cerveau est nécessairement en rapport avec l'attitude de l'animal, avec la largeur de la mâchoire inférieure ; 2° que cette même forme et les habitudes morales ont une relation si peu nécessaire, que deux animaux de mœurs identiques diffèrent par le crâne s'ils diffèrent d'attitude ; et réciproquement, que deux animaux de caractère opposé se ressemblent par le crâne, si leur attitude est semblable ainsi que la largeur de leur mâchoire.

Les carnassiers ont les tempes développées, et ils sont astucieux, sanguinaires, voleurs ; les ruminants ont les tempes étroites, ils sont timides, inoffensifs : donc, dit-on, les penchants qui caractérisent le moral des carnassiers siégent vers la région sus-zygomatique. Lafargue fait observer que celle-ci doit s'accommoder à la forme de la mâchoire inférieure, large chez les premiers, étroite chez les seconds. —Mais on n'a pas triomphé d'un système pour avoir donné une interprétation différente aux faits qui lui servent de base. Aussi cette réflexion isolée infirme-t-elle à peine les conclusions de Gall : elle ne pourra les réfuter d'une manière directe que s'il est possible de trouver des animaux doux et paisibles, dont les tempes s'élargissent par cela seul qu'ils possèdent une large mâchoire. Or, selon la remarque de Lafargue, tel est le castor, dont les instincts industriels exigent et supposent une mâchoire large et forte, des muscles temporaux énergiques, et dont le crâne est, pour cette raison, conformé comme celui des carnassiers (*).

Au contraire, chez certains carnassiers éminemment féroces, la tête représente un cône allongé, sensiblement rétréci au-dessus des apophyses zygomatiques, large et renflé vers la partie postérieure des pariétaux : tels sont le furet, l'hermine, la belette. Quelle est la cause d'une disposition aussi réfractaire aux lois phrénologiques? se demande Lafargue. La forme du crâne des furets, des belettes, des taupes, etc., s'explique, suivant lui, par le mode de station de ces animaux, dont les membres sont très courts, et qui marchent presque en rampant. Si, avec une pareille attitude, ils avaient eu le crâne court et globuleux, et si la plus grande masse de leur cerveau eût été concentrée vers les apophyses zygomatiques, les sens et l'extrémité du museau se seraient nécessairement dirigés vers le sol. Il fallait donc, pour les raisons mécaniques les plus simples, que le plus grand volume des hémisphères occupât la région pariétale postérieure, et que les régions sus-zygomatiques fussent déprimées. Tous les animaux dont le port est analogue à celui des belettes ont le crâne pareillement conformé, quelles que soient leurs mœurs.

L'attitude humaine comporte la plus petite face et le plus grand cerveau possible; aussi voyons-nous, comme le fait remarquer Lafargue, entre la forme du crâne et celle du bassin, une corrélation telle, que la perfection et la solidité de la station

(1) *Appréciation de la doctrine phrénologique ou des localisations des facultés intellectuelles et morales, au moyen de l'anatomie comparée* (*Arch. gén. de méd.*, 1838, t. I, p. 265, 416 ; t. II, juin 1838, p. 129). — Et *Thèse inaug.* Paris, 14 mai 1838, n° 115.

(*) BUFFON ne dit pas que le castor soit sanguinaire ; mais il affirme que ce rongeur coupe et scie, en quelque sorte, avec ses dents incisives, les branches d'arbres les plus volumineuses ; ce qui suppose en effet une grande énergie de mastication.

bipède se trouvent, dans chaque race, en raison directe de la capacité crânienne, et en raison inverse des mâchoires. Il suffit de comparer le Cafre à l'Européen pour se convaincre de cette vérité. On voit aussi, par le rapprochement des races humaines, le crâne se déjeter en arrière, à mesure que les mâchoires s'accroissent. Le Nègre a le front fuyant, l'ensemble du crâne étroit et allongé, l'Européen se trouve dans des conditions opposées, tandis que les Malais, les Mongols et les Américains tiennent le milieu entre les deux extrêmes.

Ainsi, ajoute cet auteur, voyons-nous s'appliquer à l'espèce humaine cette loi du règne animal, en vertu de laquelle le crâne et le cerveau sont répartis de manière à balancer le poids de la face. La forme du crâne exprime donc le rapport du volume des mâchoires et du cerveau : elle peut indiquer aussi l'énergie relative des instincts et des hautes facultés. Mais, si l'on se place au point de vue des localisations, et que l'on cherche la prédominance des tempes chez les nations de pillards ou d'anthropophages, la prédominance du front chez les peuples intelligents, on est trompé dans son attente; car, chez l'Européen, le Hottentot, l'Indien du Nord, le rapport des tempes au front est absolument le même. Ces races ne diffèrent entre elles que par la proportion de la face au cerveau, proportion qui, tout en déterminant la forme du crâne, explique la prépondérance des instincts chez les unes, de l'intelligence chez les autres.

Les liaisons nécessaires des formes de crâne avec certaines conditions mécaniques, soit partielles, soit générales, étant établies, on pouvait prévenir les conséquences antiphrénologiques qui en dérivent par l'objection suivante :

L'attitude des animaux est à leur moral comme le geste est à la pensée; le mode de mastication est subordonné aux penchants nutritifs, soit carnassiers, soit herbivores, comme l'instrument l'est à la volonté. De même les formes du cerveau, qui déterminent les penchants, subordonnent à leurs inflexibles nécessités et l'attitude générale et la puissance de la mâchoire inférieure.

A cette objection, Lafargue répond en ces termes : « Certaines formes de crâne et de cerveau coïncident toujours et nécessairement avec certains modes de station et de mastication ; mais, si l'on assigne à la première de ces circonstances le rôle

runtés à l'ouvrage des frères Wenzel (1), à celui de Tiedemann (2) erres (3), de ceux qui lui sont propres, et des moyennes qu'il a s et des autres, Lélut a établi, contrairement à l'assertion émise par itions qui suivent : 1° Les oiseaux frugivores et les oiseaux carnas- s ont, comparativement les uns aux autres, le cerveau et le crâne proportionnellement à leur longueur. 2° Les oiseaux de proie, ou ont le cerveau, et surtout le crâne plus large que celui des oiseaux précédentes : mais cela tient indubitablement à ce que, chez ces développement en largeur des hémisphères cérébraux a suivi l'élar- rânien, qui lui-même est déterminé, chez ces oiseaux, par le dévelop- considérable de l'oreille interne et de ses cavités annexes, et par celui de culaire. 3° Les faits de comparaison isolée entre le cerveau et le crâne de tel givore et ceux de tel oiseau carnassier, donnent, bien entendu, le même ports déduits des moyennes, sur la proportion de la lar- ge isphères cérébraux et du crâne ; c'est-à-dire qu'ils mon- trem rugivore a une plus grande largeur cérébrale ou crâ- nie ue tel ou tel oiseau insectivore, et même que tel ou tel o es mammifères carnassiers n'ont pas le cerveau et le crâne plus nellement à leur longueur, que ceux des mammifères frugivores. s des auteurs cités, comme d'après ceux recueillis par Lélut, qui paraît avoir lieu. 5° Les comparaisons isolées du cerveau et tel mammifère carnassier au cerveau et au crâne de tel mammifère vore donnent, dans le plus grand nombre des cas, le même résultat ; absolu- ment comme cela avait eu lieu pour les oiseaux.

Du tableau comparatif dressé par Leuret (4) sur le rapport existant, chez les mammifères, entre le diamètre antéro-postérieur et le diamètre transversé des lobes cérébraux, il résulterait, d'après les principes de Gall, que le marsouin ayant le cerveau plus large que tous les autres mammifères, et avec lui l'éléphant et le porc-épic, il faudrait admettre que le porc-épic, l'éléphant et le marsouin sont en première ligne, dans cette classe, pour le courage, la ruse et l'instinct carnassier ; qu'après eux viendraient la chauve-souris, la taupe, la marmotte, et bien loin après, le lion, le chien, le sanglier, le renard, etc. ; conséquence en désaccord évident avec ce que l'observation enseigne sur les aptitudes instinctives de ces divers animaux.

Le seul moyen de savoir s'il y a ou s'il n'y a pas une physiologie psychologique telle que l'entendait Gall, consisterait à rechercher toutes les espèces de rapports du cerveau à l'intellect, qui devraient la constituer ; mais, d'une pareille étude, il ne paraît guère pouvoir résulter, à en juger par ce qui est déjà accompli, que des désavantages pour le système phrénologique, dont les détails ne sauraient être abordés dans un ouvrage de cette nature.

Cervelet.

La multiplicité des opinions sur un point quelconque de la science dénote trop souvent notre ignorance. Depuis Willis, plaçant dans le *cervelet* l'origine de la vie

(1) *De penitiori structura cerebri*. In-fol., Tubingue, 1812.
(2) *Icones cerebri simiorum*, etc. Heidelberg, 1821.
(3) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 439 et 551.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 435.

organique et des mouvements involontaires, jusqu'à nos jours, où à l'aide d'expériences et d'observations pathologiques, on a cherché à déterminer plus rigoureusement ses usages, cette portion importante de la masse encéphalique a été investie des attributions les plus diverses. Les uns ont regardé le cervelet comme le siége de la sensibilité; les autres ont vu, dans cet organe, tantôt la *source* de tous les mouvements volontaires, tantôt le *régulateur* de ces mouvements ou de ceux des membres pelviens en particulier, tantôt l'excitateur des fonctions génératrices, tantôt le siége d'un principe moteur qui porterait les animaux à marcher en avant, etc. En faveur de chacune de ces manières de voir, les physiologistes ont cité des expériences faites avec plus ou moins d'habileté sur les animaux vivants, et des observations pathologiques recueillies sur l'homme; expériences et observations qui, à les prendre séparément, paraissent décisives pour telle ou telle opinion; qui, comparées entre elles, sont le plus souvent contradictoires et nous laissent dans le plus grand embarras. Joignez à cela un cas d'absence congénitale du cervelet (1), observé dans l'espèce humaine, avec intégrité de la sensibilité, persistance des mouvements tant volontaires qu'involontaires et de toutes les fonctions organiques; avec habitude de la masturbation; sans tendance au recul, etc., et notre embarras redoublera encore, puisque ce fait ne nous fournira que des arguments subversifs des différentes hypothèses proposées, et pas une seule raison pour édifier une opinion positive et nouvelle.

Avant de discuter la valeur des diverses opinions émises sur les fonctions spéciales du cervelet, et de choisir celle qui paraît réunir en sa faveur le plus de preuves, sinon pathologiques, du moins expérimentales, nous devons rappeler que nous avons déjà établi (page 202 et suiv.) l'insensibilité absolue du cervelet aux stimulants ordinaires, et son inaptitude à susciter des secousses convulsives, lorsque, sur l'animal vivant, on excite artificiellement son tissu.

Maintenant signalons tout d'abord l'*influence croisée* du cervelet sur les mouvements des membres, et l'*état de l'intelligence* dans les maladies de cet organe.

I. Chez l'homme, les lésions du cervelet peuvent paralyser le côté droit du corps quand elles siégent dans l'hémisphère gauche, et produire l'hémiplégie à gauche quand elles occupent l'hémisphère cérébelleux droit, comme le démontrent de nombreuses observations. Toutefois, de même qu'on l'a vu pour les lobes cérébraux, des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, et, exceptionnellement, ne donner lieu à aucun phénomène de paralysie. Exceptionnellement aussi, cette dernière peut être *directe :* Plancus (2) et Rostan (3) ont observé chacun un cas de cette nature à la suite d'un abcès et d'un ramollissement local du cervelet. Mais la paralysie non croisée est pour le moins aussi rare dans les affections de cet organe qu'elle l'est dans celles du cerveau proprement dit: j'ai déjà mentionné les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de pareils cas.

Ajoutons que, d'après la remarque d'Andral (4), quand il y a, à la fois, apoplexie de l'hémisphère cérébral gauche, par exemple, et de l'hémisphère cérébelleux droit, la paralysie ne porte point, comme on aurait pu le croire, sur les

(1) Observation recueillie par COMBETTE et publiée dans la *Revue médicale*, 1831, t. II, p. 57. — Voyez aussi pl. V, XVe livraison de l'*Anat. pathol.* de CRUVEILHIER.

(2) ANDRAL, *Clinique méd.*, 2e édit., 1833, t. V, p. 706.

(3) *Recherches sur le ramollissement cérébral*, 2e édit., p. 143.

(4) *Clinique médicale*, 2e édit., 1833, t. V, p. 675.

ueux

ps, mais sur un seul qui est le côté opposé à l'hémisphère céré-
plexie. Rappelons aussi, comme cela résulte d'observations nom-
ées par E. Turner (1), que les altérations organiques qui enva-
ment le cervelet, le cerveau, etc., siégent constamment dans les
osés de ces deux organes : « Dans les atrophies partielles ou uni-
éphale, par exemple, toutes les fois que le cervelet s'atrophie
au cerveau, cette altération, dit Turner, intéresse l'hémisphère
auche, si, au cerveau, elle occupe l'hémisphère droit, et *vice versâ*. »
rt croisé paraît donc exister entre le cerveau et le cervelet; mais la
e à concilier de semblables observations avec celles auxquelles nous
t allusion.

II. Sans avoir donné aucune espèce de preuves à l'appui de leur assertion, d'anciens auteurs ont localisé la *mémoire* dans le cervelet. Willis (2) s'est élevé contre cette manière de voir, et a supposé que cette faculté résidait plutôt dans la substance corticale des circonvolutions du cerveau.

Suivant Flourens (3) et Bouillaud (4), les *facultés intellectuelles* n'éprouvent, chez les animaux, aucune altération directe par suite des lésions du cervelet. Mais, comme ces animaux ne survivent qu'un laps de temps très court (*), et le plus souvent au milieu d'une agitation extrême, il nous a toujours paru bien difficile d'apprécier, par la voie expérimentale, l'état de l'intelligence après de semblables lésions.

Les observations pathologiques recueillies sur l'homme donnent-elles des renseignements plus précis ?

Andral (5) a réuni onze cas d'abcès du cervelet : « Dans huit de ces cas, l'abcès occupait un des lobes latéraux; dans deux autres, la suppuration avait envahi les deux lobes; et, dans un seul, c'était le lobe médian qui en était le siége. L'intelligence n'a été troublée dans aucun de ces cas, si ce n'est quelquefois tout à fait à la fin de la vie. »

Le même auteur (6) a rassemblé trente-six observations relatives à des tumeurs de diverse nature développées dans le cervelet ou à son pourtour, et qui, dans l'un comme dans l'autre cas, devaient exercer une influence sur les fonctions de cet organe, soit qu'il fût irrité, comprimé ou désorganisé par elles. « Dans la très grande majorité de ces cas, l'intelligence s'est conservée intacte pendant tout le cours de la maladie. Assez souvent, seulement peu de jours avant la mort, on a observé un état comateux; tantôt on a pu l'expliquer par une forte injection de toute la masse encéphalique, ou par l'existence dans les ventricules d'une grande quantité de sérosité; tantôt on n'a trouvé aucune lésion qui pût en rendre compte. Sept malades seulement, sur ces trente-six, ont offert, longtemps avant la mort, un désordre marqué du côté de l'intelligence. »

(1) *De l'atrophie partielle ou unilatérale du cervelet, de la moelle allongée et de la moelle épinière, etc.*, thèse inaug. Paris, 5 janvier 1856.
(2) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. xv, p. 113.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 141.
(4) *Mém. cit.*, p. 26.

(*) Les oiseaux auxquels j'ai enlevé le cervelet n'ont jamais survécu plus de trois jours; les mammifères, même très jeunes, succombent en général beaucoup plus tôt. Le voisinage de la moelle allongée explique sans doute pourquoi, chez les oiseaux, les lésions profondes du cervelet sont plus rapidement mortelles que celles des lobes cérébraux.

(5) *Ouvr. cit.*, p. 705.
(6) *Ouvr. cit.*, p. 722.

Pour s'expliquer comment l'intelligence a été exceptionnellement troublée par suite de lésions matériellement limitées au cervelet, il est peut-être permis de croire qu'il arrive un moment où, par le seul fait de son existence prolongée, l'affection de cet organe va retentir dans le reste de l'encéphale, dans les lobes cérébraux en particulier, et en trouble gravement les fonctions ; car il y a certainement un consensus d'action entre toutes les parties encéphaliques, et l'une d'elles ne saurait être longtemps altérée sans que les fonctions des autres finissent par en éprouver des atteintes fâcheuses.

D'après les expériences, d'après les faits pathologiques, le cervelet semblerait donc être étranger à l'exercice de l'intelligence ; et si Malacarne a rencontré, chez des idiots, le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, on peut répondre que cette espèce d'arrêt de développement coïncidait avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions. Toutefois, considérant que, dans beaucoup de cas d'abcès et de lésions chroniques de ces lobes eux-mêmes, l'intelligence est demeurée intacte, comme cela est arrivé pour le cervelet, j'avoue qu'il ne m'est pas positivement *démontré* que ce dernier organe soit toujours et absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des facultés de l'esprit.

III. D'après Willis (1), le cervelet présiderait aux mouvements involontaires et, en général, aux fonctions de la vie organique : « *Cerebelli officium esse videtur*, dit-il, *spiritus animales nervis quibusdam suppeditare, quibus actiones involuntariæ (cujusmodi sunt cordis pulsatio, respiratio, alimenti concoctio, chyli protrusio, et multæ aliæ), quæ nobis insciis aut invitis constanti ritu fiunt, peraguntur.* »

Cette opinion, qui a joui d'une grande faveur jusqu'à Lorry, est démentie de la manière la plus formelle par les expériences et les observations pathologiques. En effet, d'une part, en étudiant les fonctions du pneumogastrique, nous démontrerons comment Willis, qui regardait ce nerf comme l'intermédiaire principal à l'aide duquel le cœur tire du cervelet le principe de ses mouvements, s'est complétement trompé en attribuant à la suspension brusque de l'influence du cervelet sur le cœur les cas de mort soudaine observés à la suite de la section ou de la ligature de cette paire de nerfs ; d'autre part, nous ajouterons que nous avons conservé vivants, pendant deux ou trois jours, des oiseaux auxquels nous avions enlevé tout le cervelet, que ces animaux ont digéré les aliments qui leur avaient été administrés, qu'ils ont excrété leurs fèces, et que, par conséquent aussi, la circulation et la respiration ont persisté en l'absence de la portion de l'encéphale de laquelle Willis fait dériver la cause des mouvements nécessaires à l'accomplissement de toutes ces fonctions.

Les faits pathologiques militent, aussi bien que les expériences, contre le sentiment de Willis. Nous avons lu et médité plus de cent observations de lésions diverses du cervelet, et nous n'avons pas trouvé que les fonctions de la vie nutritive eussent offert des modifications différentes de celles qu'elles présentent dans les cas d'affection des lobes cérébraux, par exemple. La digestion, la circulation, les différentes sécrétions n'ont, en général, présenté rien de bien notable : seulement la respiration a été parfois gravement compromise ; ce qui s'explique facilement

(1) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, édit. in-12, cap. XV, p. 113.

e la moelle allongée, centre duquel dérive le principe des mou-
oires.

a jeune fille observée par Combette, quoique dépourvue de cer-
moins vécu jusqu'à l'âge de onze ans.

e (1), Pourfour du Petit (2), Saucerotte (3), etc., en se fondant
ériences et sur un petit nombre d'observations pathologiques, ont
I elet *un foyer de sensibilité*. Willis (4) prétendait que cet organe, à
cat s relations avec le nerf acoustique, recueillait les sensations auditives
laboraient, comme toutes les autres, dans les corps striés regardés
teur comme le siége du *sensorium commune* (5). De nos jours, Foville et Pinel-Grandchamp (6), Dugès (7), etc., ont aussi regardé le cervelet comme éminemment préposé à la sensibilité. Tout en confessant qu'il serait possible que le cervelet ne fût point absolument étranger aux phénomènes sensitifs (puisqu'il communique avec une grande portion des faisceaux postérieurs de la moelle), nous sommes forcé de reconnaître que l'on ignore entièrement le mode de sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes. Ce qu'il y a de bien positif, c'est que le cervelet n'est pas le foyer *exclusif* des sensations : les expériences le démontrent de la manière la plus évidente (voy. plus haut, page 210 et suiv.). Chez la jeune fille dépourvue de cervelet (8) « les organes des sens remplissaient bien leurs fonctions ». Enfin, la pathologie n'est guère favorable à l'opinion des auteurs qui considèrent le cervelet comme le centre où convergent les sensations.

Il est vrai que, dans plusieurs cas de lésions du cervelet (9), la sensibilité générale a été exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites; qu'une céphalalgie occipitale des plus vives a existé : mais ne serait-il pas permis de rapporter ces douleurs, cette perturbation de la sensibilité à la stimulation des corps restiformes naturellement si sensibles, plutôt qu'à la lésion même du cervelet? On se rappelle la complète insensibilité de cet organe chez les animaux vivants.

Quant à la perte de l'ouïe, d'ailleurs si rare dans les affections du cervelet (*), rien ne prouve qu'elle n'ait pas résulté d'une lésion directe du nerf acoustique : pour la perte de la vue, en se rappelant les connexions prochaines de la cinquième paire avec les pédoncules cérébelleux moyens, et l'influence indirecte de ce

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XVII, p. 128 et suiv.
(5) *Ibid.*, cap. XIII, p. 95 et suiv.
(6) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*. Mars 1823. — Art. ENCÉPHALE, par Foville, du *Dictionnaire de méd. et de chirurg. pratiques*, t. VII, p. 202.
(7) *Traité de physiol. comp.* Montpellier, 1838, t. I, p. 355.
(8) COMBETTE, *Revue méd.*, 1831, t. II, p. 57.
(9) Voyez leur relation, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 749.

(*) Il est évident que les lésions du cervelet pouvant se terminer par un état comateux plus ou moins profond, l'audition peut alors être abolie plus ou moins complétement comme tous les autres sens. ANDRAL (*loc. cit.*), parmi les faits si nombreux qu'il a rassemblés, rapporte un seul cas de perte de l'audition dans le cours de la maladie : « Encore, ajoute-t-il ne faudrait-il pas se hâter d'affirmer que, dans ce cas, la surdité dépendit de la compression à laquelle le cervelet aurait été soumis. Il serait possible que le kyste eût aussi comprimé à son origine le nerf acoustique. »

nerf sur la vision, rien n'empêche de croire que l'altération du cervelet n'ait pu réagir sympathiquement sur les fonctions de cette paire nerveuse. D'ailleurs, de l'aveu de tous les expérimentateurs, l'ablation du cervelet ne rend les animaux ni sourds, ni aveugles, ce qui démontre que l'activité du nerf acoustique, du nerf optique et de la cinquième paire ne dépend pas directement de cet organe. Rappelons que la vue et l'ouïe étaient intactes chez la jeune fille privée de cervelet, et surtout que, dans des cas où celui-ci était entièrement désorganisé, ces deux sens ont été conservés.

Dans douze observations sur des produits accidentels développés dans le cervelet, la sensibilité générale n'a été altérée que chez un seul individu, dont les membres paralysés furent le siége de vives douleurs. (*Clin. méd.* d'Andral, édit. cit., t. V, p. 708.)

« Sur dix exemples de ramollissement du cervelet, la sensibilité cutanée a offert la même inconstance d'altérations que dans ceux de ramollissement des hémisphères cérébraux; tantôt elle a été abolie; tantôt plus vive que de coutume; tantôt elle s'est conservée à son état normal. Dans les cas où il existait un état comateux, toute la peau était insensible; hors ces cas, la perte de sensibilité ne se montrait que dans les membres paralysés. » (*Ibid.*, p. 700.)

« La sensibilité, dont quelques auteurs ont placé le siége dans le cervelet, ne nous a pas paru lésée d'une manière spéciale dans les cas d'hémorrhagie de cet organe. » (*Ibid.*, p. 680.)

En supposant même que le cervelet ne soit point absolument étranger aux phénomènes sensitifs, nous avions donc raison de dire que l'on ignore entièrement en quoi consisterait sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes.

V. Après avoir pratiqué des expériences sur les animaux des quatre classes de vertébrés, Rolando (1) conclut que le cervelet est la source, l'origine de tous les mouvements, et pense, avec Reil, que l'action de cet organe est de la même nature que celle d'une pile voltaïque. La première conclusion est complétement en désaccord avec les faits : après l'ablation du cervelet chez des oiseaux et chez de

ion fixe et stable devient impossible; l'animal fait d'incroya-
ter à une pareille position, et il n'y peut réussir. Mis sur le
r; il voit néanmoins le coup qui le menace, entend les cris,
ger, et fait mille efforts pour cela, sans y parvenir: en un
culté de sentir, celle de vouloir et de se mouvoir; mais il a
éir ses muscles à sa volonté (*).

ner que les résultats qui précèdent sont peut-être les plus
nous avons obtenus dans nos expériences variées sur l'encéphale.
sonnes, qui sans doute n'ont jamais été témoins d'expériences sem-
u que c'était la gravité seule de la lésion qui produisait le
dans les mouvements. S'il en était ainsi, après la lésion beau-
rave
isulte de l'ablation complète des lobes cérébraux avec les
cor
eur
s, pourquoi n'observerait-on point ce phénomène remar-
qu
stimulation douloureuse, nous avons vu fuir de jeunes
au contraire, après la lésion *isolée* du cervelet, n'ont
ème place, sans pouvoir se dérober par la fuite aux
toru
faisait endurer. Prenez deux pigeons; à l'un enlevez
s cérébraux, et à l'autre seulement une portion du cervelet:
mier sera solide sur ses pattes; le second vous offrira encore
et bizarre de l'ivresse. Ce sont là des faits incontestables et

a confirmé, avant nous, à l'aide de nombreuses expériences, les
tenus par Flourens; mais il n'admet point que le cervelet soit le coor-
nateur de tous les mouvements dits volontaires. « Jusqu'ici, dit Bouillaud, les expériences ne nous autorisent qu'à regarder cet organe comme le centre nerveux qui donne aux animaux vertébrés la faculté de se maintenir en équilibre et d'exercer les divers actes de la locomotion. Je crois, d'ailleurs, avoir prouvé dans un autre travail (2) que le cerveau *coordonnait* certains mouvements, ceux de la parole en particulier. » Bouillaud cite également les mouvements des yeux, ceux de la glotte, des organes de la mastication, comme n'étant point réglés par le cervelet. Mais Flourens (3), en disant que « la moelle allongée est le premier mobile du cri, du bâillement... », n'a pas entendu assurément faire dépendre du cervelet la coordination des mouvements de la glotte et des mâchoires: il est vrai que Bouillaud veut désigner les mouvements volontaires de ces dernières parties, et non ceux qui accompagnent forcément la respiration.

Andral (4), qui a rassemblé *quatre-vingt-treize* cas de maladies du cervelet, dit (5) en parlant de l'un d'eux: « Il est le seul qui tende à confirmer l'opinion des physiologistes qui font du cervelet l'organe de la coordination des mouvements. » Dussions-nous ajouter à ce fait plusieurs autres rapportés par divers auteurs, qu'assurément nous serions loin d'avoir réduit au silence une masse aussi considérable

(*) Le phénomène du *recul*, observé par FLOURENS et par d'autres expérimentateurs, sera mentionné plus loin.

(1) *Recherches expérimentales tendant à prouver que le cervelet préside aux actes de la station et de la progression, et non à l'instinct de la propagation* (*Arch. gén. de méd.*, 1827, t. XV, p. 64).

(2) *Traité de l'encéphalite*. Paris, 1825, p. 158 et suiv.

(3) *Ouvr. cit.*, p. 183.

(4) *Clinique médicale*, 2e édit., t. V, p. 735.

(5) *Ibid.*, p. 707.

d'observations opposées à l'opinion précédente. Toutefois la contradiction entre les faits pathologiques et les données expérimentales n'est peut-être pas aussi grande qu'elle paraît l'être de prime abord ; attendu que le plus souvent il s'agit de masses tuberculeuses ou cancéreuses, de kystes de diverses natures, etc., développés dans le cervelet, c'est-à-dire de lésions chroniques dans lesquelles, selon la judicieuse remarque de Morgagni, les fonctions peuvent, jusqu'à un certain point, survivre à l'altération grave d'un organe encéphalique quelconque. Au contraire, dans les expériences, la lésion est brusque, et la perversion fonctionnelle immédiate. A la vérité, dans les hémorrhagies un peu considérables des hémisphères cérébelleux, ce n'est pas le défaut de coordination dans les mouvements qu'on a observé, mais ordinairement la perte absolue du mouvement : ce dernier effet ne pourrait-il pas tenir à la compression de la moelle allongée si voisine du siége de l'épanchement ? Ce qui confirmerait notre supposition, c'est la gêne extrême de la respiration et la mort prompte qui sont survenues dans la plupart de ces cas.

Si la science possédait des cas nombreux de lésions traumatiques *isolées* du cervelet chez l'homme, il y aurait sans doute plus d'accord entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine (*).

Quoi qu'il en soit, en face des observations pathologiques actuelles, il semble qu'on ne doive adopter qu'avec réserve l'opinion qui fait du cervelet l'organe coordinateur des mouvements volontaires.

D'après Serres (1), le rôle attribué ici au cervelet serait celui des tubercules quadrijumeaux. « Ces tubercules, dit-il, sont *excitateurs* de l'association des mouvements volontaires ou de l'équilibration... Les hémisphères cérébelleux sont excitateurs des mouvements des membres, et plus spécialement des membres pelviens ; le lobe médian du cervelet est *excitateur* des organes de la génération. » Nous avons déjà examiné (p. 413) les faits sur lesquels Serres fonde sa première assertion, et nous ferons connaître les arguments qui lui servent à appuyer la seconde, quand nous présenterons l'examen critique de l'opinion de Gall sur l'usage du cervelet.

VI. Fodera (2), Flourens (3), Magendie (4), Bouillaud (5), etc., ont noté la tendance qu'ont les animaux à reculer, après la lésion profonde ou la soustraction du cervelet. D'après Magendie (6), il existe chez les oiseaux, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet, la seconde dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

(*) POURFOUR DU PETIT (première de ses trois *Lettres sur le cerveau*, Namur, 1710) parle d'un soldat qui reçut un coup de mousquet dont la balle avait traversé la partie gauche du cervelet et le lobule postérieur gauche du cerveau. Ce malade présenta un grand désordre dans ses mouvements.

(1) *Anatom. comp. du cerv.*, t. II, p. 717 et 718.
(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journ. de physiol. expér.*, 1823, t. III).
(3) *Loc. cit.*
(4) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 409.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 407, 409 et 410.

Nous avons dit ce qu'il fallait penser du principe moteur spécial que Magendie localise dans cette dernière partie de l'encéphale.

Le même auteur a vu, après la lésion du cervelet, un canard nager en reculant, des pigeons voler en arrière ; mais il ajoute que des lésions de la moelle allongée ont pu produire ces mêmes effets : « La conséquence à déduire de ces expériences, dit-il, se montre d'elle-même : il existe, soit dans le cervelet, soit dans la moelle allongée, une force d'impulsion qui tend à faire marcher en avant les animaux. » La cause du recul, après que le cervelet a été lésé, ne serait donc autre chose que la force de rétrocession que Magendie a imaginée, et dont il a cru devoir placer le siége dans les corps striés.

Maintenant il nous faut examiner la valeur de l'hypothèse précédente sur le rôle du cervelet dans la locomotion. Et d'abord, comme le lecteur pourrait croire que cette hypothèse se fonde sur un résultat expérimental qu'on reproduit à volonté, il importe qu'il sache que le mouvement de *recul*, à la suite des blessures ou de l'ablation du cervelet, chez les mammifères ou chez les oiseaux, est bien loin d'être un phénomène constant.

En effet, dans *dix-huit* expériences, Flourens (*ouvr. cit.*, *passim*) ne l'a observé que *cinq* fois ; et Bouillaud (*loc. cit.*) *quatre* fois seulement, dans *dix-huit* autres expériences. Encore ces deux physiologistes, qui ont expérimenté sur des mammifères et des oiseaux, ont-ils reconnu que cette allure rétrograde se combinait parfois avec des mouvements propulsifs, ce que plusieurs fois aussi nous avons constaté nous-même. « Aucune de mes dix expériences sur le cervelet, dit Lafargue (1), n'a produit le mouvement de recul : d'où il suit que le mode de locomotion observé par d'autres, à la suite des mutilations de cet organe, n'est pas assez constant pour justifier l'hypothèse de Magendie. »

Mais on pourrait croire qu'au moins cette hypothèse est confirmée par une masse imposante de faits pathologiques... Sur les *quatre-vingt-treize* observations de maladies variées du cervelet rassemblées par Andral, et dans lesquelles figurent quelquefois des désorganisations presque complètes de cet organe, on en trouve *une seule* dans laquelle le malade offrit une tendance à reculer. Cette observation, recueillie, en 1796, par Petiet, médecin d'un des hôpitaux de Weissembourg, est consignée dans le tome VI du *Journal de physiologie expérimentale*, p. 162.

Si l'opinion qui donne au cervelet la propriété d'être le *régulateur* des mouvements volontaires ne réunit pas non plus en sa faveur un grand nombre de faits pathologiques, toujours est-il qu'elle se fonde, comme nous l'avons affirmé d'après nos propres recherches, sur des expériences dont les résultats sont invariables ; c'est-à-dire, sinon sur le défaut de coordination de *tous* les mouvements volontaires, au moins sur celui des mouvements des membres. Au contraire, l'hypothèse qui place dans le cervelet une force impulsive en avant ne saurait pas même s'appuyer sur l'expérimentation, puisque le mouvement de recul ne s'observe que rarement chez les animaux dont le cervelet est mutilé, et que d'ailleurs un pareil phénomène semble n'être qu'un des résultats variés du défaut de coordination dans les mouvements des membres.

Nous avons fait connaître (page 404) les singuliers troubles de locomotion qu'occasionne la section des pédoncules du cervelet chez les animaux, ou leur lésion morbide chez l'homme.

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs*, thèse inaug. Paris, 14 mai 1838, n° 115, p. 15.

VII. Suivant Gall (1), le cervelet est l'organe de l'instinct de la propagation ou du penchant à l'amour physique.

Ne devant passer en revue que les principaux arguments qui ont été émis en faveur de cette opinion, nous examinerons d'abord la valeur de ceux que l'on a empruntés à la pathologie (2).

Les faits dans lesquels le priapisme, chez l'homme, a coïncidé avec une lésion du cervelet, ne sauraient être invoqués comme réellement confirmatifs de l'opinion de Gall ; et plusieurs pathologistes ont considéré bien à tort cet état de l'appareil génital comme un signe pathognomonique des apoplexies cérébelleuses. En effet, sur quinze cas de lésion avec compression de la portion cervicale de la moelle épinière, l'érection du pénis a été observée huit fois (3), et trois fois sur treize cas ayant trait à des lésions de la portion dorso-lombaire.

Serres (4), se fondant principalement sur sept cas, dans lesquels avait été observée la surexcitation des organes génitaux, coïncidant avec une apoplexie du *lobe médian* du cervelet, a cru devoir modifier l'opinion de Gall, en ce sens qu'il regarde « ce lobe médian comme l'excitateur des organes de la génération, et les hémisphères du cervelet comme excitateurs des mouvements des membres » (*). « Dans aucun des cas dont nous avons fait l'analyse, dit Andral (5), tous relatifs à l'hémorrhagie d'un des *lobes latéraux* du cervelet, il n'est question de phénomène particulier du côté des voies génitales. » Il en a été de même sur treize cas de ramollissement d'un des *lobes latéraux;* aucun signe d'érection. Dès lors ne serait-on pas tenté de croire, de prime abord, que le lobule médian du cervelet, à l'exclusion des lobes latéraux, partage avec la moelle le privilége de déterminer l'excitation des organes génitaux ou l'érection? Avec Pétrequin (6), il est peut-être permis de penser que, si l'érection a pu coïncider spécialement avec les hémorrhagies du lobule central, cela tient à ce que l'accumulation sanguine, plus proche de la moelle allongée, peut exercer sur elle une compression plus directe, troubler sa circulation et entraîner une modification morbide dans ses fonctions et sa vitalité : en effet, sur trente-six cas de produits accidentels développés dans la masse cérébelleuse (Andral, *ouvr. cité*, t. V, p. 735), un seul a coïncidé avec une érection permanente ; et remarquez qu'ici une masse tuberculeuse exerçait une compression manifeste à la fois sur le lobe droit du cervelet et sur la partie supérieure de la moelle. Pétrequin fait observer, avec juste raison, que cette lésion du cordon spinal se retrouve dans l'histoire de plusieurs nécropsies. On lit dans une des observations de Serres qu'il y avait, entre autres désordres, une phlogose de la protubérance annulaire et *du commencement de la moelle*. Ajoutons que, tandis que sur quatorze cas de ramol-

(1) *Fonct. du cerveau*. Paris, 1825, t. III, p. 245.

(2) Voyez, pour les détails des faits pathologiques, notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 757 et suiv.

(3) *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER (d'Angers). Paris, 1837, t. I, p. 367, 3e édit. — *Ibid.*, p. 316 et suiv.

(4) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 601 et 717.

(*) BURDACH (*Vom Baue und Leben des Gehirns*. Leipzig, 1819-26, t. III, p. 297, 319, 423), ayant réuni *cent soixante-dix-huit* observations de lésions variées du cervelet, n'en a trouvé que *dix* tendant à faire supposer une certaine corrélation fonctionnelle entre le cervelet et les organes génitaux.

(5) *Ouvr. cit.*, 2e édit., 1833, t. V, p. 680.

(6) *Sur quelques points de la physiol. du cervelet et de la moelle épin.* (*Gaz. méd. de Paris*, 1836, t. IV, n° 35, p. 546).

lissement circonscrit du cervelet, aucun n'a présenté l'érection, au contraire, sur trois seulement de *ramollissement de la totalité de cet organe* (Andral, *ouvr. cit.*, p. 701), ramollissement qui, par cela même, pouvait s'étendre jusqu'à l'origine de la moelle, sur trois cas, dis-je, *deux* ont offert le phénomène de l'érection du pénis. D'ailleurs, dans les cas rapportés par Serres, l'état anatomique du canal vertébral n'a pas toujours été exploré; une altération simultanée du cordon spinal n'est-elle pas au moins probable, par cela seul que, dans la plupart des faits mentionnés par cet auteur, il est question d'une roideur tétanique ou de mouvements convulsifs des membres?

Nous sommes donc porté à croire qu'on doit rapporter à la moelle épinière l'influence attribuée exclusivement au lobule médian du cervelet. Cette conclusion paraîtra d'autant plus probable que, comme nous l'avons déjà dit, la tendance au priapisme s'observe très fréquemment dans les lésions morbides de la partie supérieure de la moelle. Ajoutez que, chez les animaux, au dire de Ségalas (1), on peut, par des titillations artificielles de la portion cervicale de cet organe, produire l'érection, et même l'éjaculation, si l'on excite en même temps la portion lombaire; tandis que ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a lieu, *si l'on stimule isolément soit le cervelet*, soit le cerveau (*).

Quant aux observations que Gall emprunte à Larrey, et dans lesquelles il est question de l'oubli des désirs érotiques, ou de lésions de l'appareil génital autres que le priapisme et coïncidant avec des altérations du cervelet, elles méritent à peine une réfutation. Dans l'observation de René Bigot, par exemple, il est dit que le blessé avait cessé d'être passionné pour les femmes. Remarque étrange, si l'on songe que ce soldat mourut le *trente-huitième jour* de sa blessure, qu'il éprouva durant ce temps des douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, douleurs accompagnées de cris lugubres, qu'en un mot il se trouvait dans des conditions dépressives qui font taire, chez la plupart des hommes, l'appétit vénérien. Si l'on veut bien se rappeler l'influence remarquable de la moelle sur la circulation capillaire, l'atrophie de cet organe sur le précédent malade, les douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, il sera assurément bien permis de rapporter le fourmillement et l'atrophie des testicules, plutôt à la lésion de la moelle qu'à celle du cervelet lui-même.

Quant au cas dans lequel le pénis n'était long que de six lignes et les testicules seulement du volume d'un haricot, si l'on a trouvé le cervelet moitié moins volumineux qu'à l'état normal, rien ne prouve qu'il ne s'agisse point ici d'une simple coïncidence entre deux phénomènes tout à fait indépendants l'un de l'autre.

Comme, dans le troisième cas, on n'a fait que soupçonner une lésion du cervelet, et comme, d'ailleurs, il est survenu une faiblesse générale de tous les organes, y compris ceux de la génération, il nous semble inutile de nous arrêter à ce fait aussi insignifiant que celui qui nous reste à examiner en quelques mots.—Si, chez une vache observée par Thion (2), le part s'est fait sans sécrétion laiteuse, et si cette

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 293.

(*) BUDGE et VALENTIN (*ouvr. cit.*) disent avoir provoqué, par la stimulation direc des mouvements dans les *testicules*, les *vésicules séminal* l'estomac et le canal intestinal; mais, jusqu'à présent, je r vations de ces physiologistes. — Du reste, je dois avouer trois cabiais et deux lapins, il m'a été également impossibl SÉGALAS.

(2) *Archives génér. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 287.

vache n'a plus redemandé les approches du mâle, il n'y a rien là qui doive surprendre, puisqu'il est dit que l'animal avait perdu l'appétit, maigrissait et était sans cesse assoupi. A la vérité, le part avait eu lieu quelque temps avant que les symptômes de la maladie encéphalique se fussent prononcés, ce qui n'empêche pas de croire que l'affection morbide existait déjà et qu'elle avait pu exercer sur l'économie tout entière, et partant sur les sécrétions, une influence fâcheuse. Mais qui oserait affirmer que, si les arborisations cartilagineuses et les nombreux tubercules, dont l'autopsie a révélé l'existence, eussent siégé dans toute autre partie de l'encéphale que dans le cervelet, la sécrétion laiteuse n'eût pas été de même abolie ? D'ailleurs, la suppression de cette sécrétion ne pourrait-elle pas être attribuée aussi à bien d'autres causes indépendantes de l'affection encéphalique ?

Aucun de ces faits pathologiques ne saurait donc démontrer que l'opinion de Gall sur le cervelet est fondée.

Il n'est pas sans intérêt d'opposer à de pareilles observations, regardées comme favorables à Gall par quelques auteurs, l'exemple d'une jeune fille qui, *complétement dépourvue de cervelet*, se livrait néanmoins à la masturbation (1).

Si réellement l'instinct vénérien résidait dans le cervelet, il faudrait donc supposer que cet instinct peut se manifester en l'absence de son organe; supposition que la raison désapprouve. A la vérité, l'observation précédente est également subversive des diverses opinions dans lesquelles le cervelet est considéré tantôt comme un foyer de sensibilité, tantôt comme le générateur des mouvements volontaires ou involontaires, tantôt comme le siége d'une force impulsive en avant, etc. Serait-ce qu'aucune de ces manières de voir sur les attributions du cervelet n'est réellement fondée ? Cela est probable. La jeune fille dont il s'agit « se *laissait souvent tomber* » ; on pourrait donc trouver là une confirmation de l'opinion qui voit dans le cervelet le régulateur des mouvements : mais, les chutes étaient-elles la conséquence d'une grande faiblesse ou d'un *défaut de coordination* dans les facultés locomotrices ?

Gall (2) a cru devoir affirmer que c'est seulement à l'âge où se manifeste le pou-

Comme l'ont prouvé Rudolphi, les frères Wenzel, Lélut et Parchappe, il n'est pas non plus exact de dire, avec Gall, que cette proportion diminue dans la vieillesse, c'est-à-dire à mesure que diminue et va en s'éteignant le besoin du rapprochement des sexes.

Gall, supposant que le sentiment de l'amour physique est moins actif chez les femmes et les femelles des animaux qu'il ne l'est dans le sexe mâle, n'hésite pas à avancer, sans appuyer d'ailleurs son assertion d'aucun chiffre, que les mâles possèdent, relativement, le plus gros cervelet. Il prétend aussi que la *castration* détermine une diminution notable dans le volume relatif de cet organe. Mais les résultats obtenus par Leuret (1) et par Lélut (2) ne sont pas encore favorables aux assertions du physiologiste allemand.

Après s'être livré à des recherches comparatives sur un assez grand nombre d'encéphales provenant d'étalons, de juments et de chevaux hongres, Leuret en formule ainsi les conclusions : « Les étalons ont comparativement le cervelet le moins développé; les juments sont mieux favorisées qu'eux sous ce rapport ; et les chevaux hongres le sont plus que les uns et les autres. Si l'une des deux parties principales de l'encéphale s'est atrophiée chez les chevaux hongres, c'est le cerveau : car il est seulement de 419 grammes, tandis que le cerveau des étalons est de 433 ; et si l'une d'elles s'est développée de manière à prédominer sur les autres, c'est le cervelet des chevaux hongres, qui pèse 70 grammes, tandis que celui des étalons et des juments n'en pèse que 61. »

De son côté, Lélut est arrivé à conclure de ses recherches, contrairement à Gall, que le cervelet serait, chez la femme, plus gros proportionnellement au cerveau, qu'il ne l'est chez l'homme; et encore faut-il noter que les pesées d'après lesquelles Lélut a établi cette conclusion appartiennent en majorité à des femmes fort âgées, c'est-à-dire de l'âge de soixante à quatre-vingt-sept ans, de cet âge auquel, suivant Gall, le cervelet décroît depuis longtemps d'une manière notable.

Quelques-uns de ceux qui soutiennent, avec Gall, que le cervelet préside à l'amour physique, font observer que, chez les raies et les squales, dont le cervelet présente une organisation plus parfaite que celle du même organe chez la plupart des autres poissons, la fécondation s'opère au moyen de l'union intime des sexes, et ils croient trouver là une confirmation de leur système. Mais Leuret (3) s'est appliqué à rechercher s'il y avait réellement coïncidence entre ces deux faits, c'est-à-dire entre la perfection du cervelet des poissons et l'existence ou le développement de leur amour physique. Eh bien, cette coïncidence n'existe même pas. Les squales, les raies, les chimères, les syngnathes, les blennies, les silures et les anguilles, présentent le phénomène de l'union sexuelle, et, parmi eux, il y a seulement un certain nombre de raies et de squales qui aient des lamelles au cervelet ; la petite et la grande roussette n'en ont pas; il en est de même de la raie batis : ces trois derniers animaux présentent seulement de légères dépressions. Quant à l'anguille, il est hors de doute que son cervelet n'a pas de lamelles, et qu'il y a chez elle, comparativement, moins de cervelet que chez la morue ; et pourtant elle exerce l'acte de la copulation de la même manière que les squales et les raies. Si, pour surabondance de preuves, on compare le cervelet de la morue (poisson qui ne présente

(1) *Anat. comp. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 426 et suiv.
(2) *Rec. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*, p. 219.

pas le phénomène de l'union sexuelle) à celui des chiens de mer ou roussettes, on leur trouvera, selon Leuret, une analogie presque complète. — Ainsi, d'une part, copulation avec un cervelet très développé et avec un cervelet à peine développé; et, d'autre part, absence de copulation avec un cervelet bien développé: d'où il faut conclure qu'entre l'acte de la copulation et la perfection du cervelet, il n'y a, chez les poissons, ni corrélation, ni même coïncidence. « Or, ajoute Leuret, la copulation étant le phénomène principal de l'amour physique, il est rationnel de conclure que l'amour physique ne réside pas dans le cervelet, chez les poissons. »

Parmi les reptiles, les grenouilles sont réputées se livrer à l'acte de la reproduction avec une telle ardeur, que les mâles, absorbés par leurs sensations érotiques, deviennent étrangers à presque toutes les causes de douleur physique. Pourtant le cervelet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, est tellement rudimentaire chez ces animaux, que son existence a été niée ou révoquée en doute par plusieurs anatomistes. Calmeil (1) a reconnu que l'instinct de l'accouplement survivait, chez les reptiles, à l'évulsion du cervelet; qu'au contraire, il était aboli par la soustraction des lobes cérébraux. Magendie (2) est arrivé à des résultats analogues.

Chez un coq auquel il avait retranché une grande partie du cervelet, et qu'il conserva vivant pendant huit mois, Flourens (3) a vu persister l'instinct de la propagation : « Cet animal avait été mis plusieurs fois avec des poules, et il avait toujours cherché à les côcher, sans avoir pu y réussir, *faute d'équilibre.* » « Ainsi, dit Flourens, l'instinct de la propagation subsistait : cet instinct ne dépend donc pas du cervelet; mais l'équilibre des mouvements ne subsistait plus ; cet équilibre dépend donc du cervelet... Enfin, *les testicules de ce coq étaient énormes.* »

Ni la pathologie, ni l'anatomie anormale, ni l'anatomie comparée, ni la physiologie expérimentale ne tendent, par conséquent, à faire admettre le sentiment de Gall sur les fonctions du cervelet.

D'après la discussion à laquelle nous venons de nous livrer, en face de tant de faits qui semblent se contredire les uns les autres, le lecteur peut juger de la réserve qu'il convient d'apporter dans une conclusion, et reconnaître qu'assurément la détermination précise des usages du cervelet est un des problèmes les plus embarrassants de la physiologie. —Toutefois, si, dans l'état actuel de la science, il nous était permis de donner quelque préférence à une des précédentes opinions, nous choisirions celle qui représente le cervelet comme influençant d'une manière spéciale la *coordination* des mouvements de translation, parce que la physiologie expérimentale la confirme pleinement; parce que l'anatomie anormale ne la contredit point; parce qu'enfin, comme nous avons essayé de le démontrer, elle n'est peut-être pas en opposition aussi formelle qu'il le semblerait d'abord avec les faits pathologiques. Rappelons d'ailleurs que le cervelet nous a paru, comme à Flourens, être la seule partie de l'encéphale dont la lésion entraîne, même bien

(1) Art. SYSTÈME NERVEUX du *Dict. de méd., ou Répert. des sc. méd.* Paris, 1839, t. XX, p. 567.
(2) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 333 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 163, 2e édit.

longtemps après elle, la désharmonie dans les mouvements des animaux. Cependant nous sommes bien loin d'oser affirmer que le cervelet ait pour *rôle exclusif* de coordonner les mouvements volontaires des membres, sans vouloir admettre, avec Gall, qu'il soit le siége ou l'organe de l'instinct de la propagation.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES NERFS EN PARTICULIER (*).

Les *nerfs* représentent des espèces de cordons à l'aide desquels l'axe cérébro-spinal établit ses relations avec le reste de l'organisme.

En traitant de la distinction, dans le système nerveux, des appareils du sentiment et de ceux du mouvement ; en étudiant le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si remarquables et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre ; en déterminant les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques ; et enfin, en examinant la question de l'identité de l'agent nerveux et de l'électricité, nous avons également fait connaître les *propriétés générales* des nerfs.

Maintenant nous devrons insister seulement sur ceux qui, à cause de leur influence spéciale sur certains organes déterminés, se recommandent à l'intérêt du physiologiste.

Le point de conjugaison des nerfs avec l'axe cérébro-spinal, ou plutôt le lieu de leur sortie hors de la cavité vertébro-crânienne, les a fait diviser :

1° En *nerfs rachidiens* ou spinaux, qui sortent par les trous de conjugaison de la colonne vertébrale ;

2° En *nerfs crâniens* ou cérébraux, qui traversent les trous de la base du crâne.

A côté des nerfs crâniens et rachidiens, plus spécialement destinés aux organes des sens et aux muscles volontaires ou semi-volontaires, il faut encore ranger le *nerf grand sympathique*, mystérieux appareil dont l'action s'exerce principalement sur les organes soustraits à l'empire de la volonté, et dont l'intéressante étude devra nous occuper plus tard.

NERFS RACHIDIENS.

Chez l'homme, on compte, de chaque côté, *trente et un nerfs* auxquels les trous vertébro-sacrés livrent passage : ces nerfs, associés à gauche et à droite, forment trente et une paires, dont *huit* cervicales, *douze* dorsales, *cinq* lombaires et *six* sacrées.

Chaque nerf rachidien ou spinal communique avec la moelle épinière à l'aide de deux racines, l'*une antérieure* et l'*autre postérieure*, que sépare le ligament dentelé. Les nombreux filets de l'une et l'autre racine convergent et forment deux faisceaux, d'abord distincts, dont l'union donne bientôt naissance à un seul tronc : tout près du lieu de cette union, la racine postérieure présente un renflement ganglionnaire. Puis, après un court trajet, le tronc nerveux unique (*tronc* ou *nerf rachidien*) se divise en deux branches, l'une postérieure, l'autre antérieure, qui elles-

(*) Pour la description et la structure intime des nerfs, voyez notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, 2 vol. in-8 avec pl. Paris, 1842.

mêmes se composent de filets radiculaires des deux ordres. Ajoutons que chaque ganglion de la portion rachidienne du nerf grand sympathique tient aux deux ordres de racines des nerfs spinaux.

On a vu (page 175) que l'excitation mécanique d'une racine spinale antérieure (la postérieure correspondante étant coupée) ne donne pas lieu à la moindre douleur ; que sa section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets ; que le galvanisme appliqué *à son bout périphérique* provoque localement des contractions musculaires très apparentes ; qu'au contraire, le pincement d'une racine postérieure est douloureux ; que sa section abolit la sensibilité des organes auxquels cette racine se distribue, et que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, *à son bout périphérique*, ne suscite pas la moindre oscillation de la fibre musculaire.

En d'autres termes, on sait déjà que les trente et une paires de racines spinales antérieures sont *motrices*, et qu'elles président à la contraction de tous les muscles du tronc et des membres ; tandis que les trente et une paires de racines spinales postérieures sont *sensitives* et dévolues à la sensibilité de l'enveloppe cutanée de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, aussi bien qu'à celle des membranes muqueuses des voies génito-urinaires et de la partie inférieure du tube digestif.

Quant à la *sensibilité* dite *récurrente* des racines antérieures, que nous avons déjà fait connaître (page 176), en signalant les différences de propriétés et d'usages des deux ordres de racines, il n'y a point lieu d'y revenir en ce moment.

Mais il nous reste à mentionner les importants résultats obtenus par Waller (1), touchant le rôle des *ganglions* situés sur le trajet des *racines spinales postérieures*.

Les observations de Waller ont été faites sur la deuxième paire cervicale dont le ganglion peut, chez quelques animaux, être atteint sans ouvrir le canal vertébral, et conséquemment sans mettre à nu la moelle épinière. — Voici en quoi consiste

[illegible]e sa texture normale, alors que le bout périphérique dégénère et devien[illegible]uleux. De telle sorte qu'on arrive définitivement à cette conséquence [illegible] dans l'état actuel de la science, n'aurait jamais pu être soupçon[illegible], que c'est la moelle épinière qui donne à la racine antérieure la pro[illegible] inconnue qui fait résister ses éléments à la dégénérescence granuleuse, [illegible] que pour la racine postérieure, au contraire, ce n'est plus à la moelle épinière [illegible]ais au ganglion intervertébral que ce rôle conservateur est dévolu.

Les expériences de Waller sur les ganglions des nerfs rachidiens ont été continuées pendant plusieurs années et variées de différentes manières; elles ont toujours fourni des résultats qui ont conduit leur auteur à cette conclusion que « le rôle des ganglions intervertébraux serait de présider à la nutrition des nerfs qui se trouvent en continuité avec eux ».

NERFS CRANIENS.

Si la légitimité de la division des nerfs rachidiens en moteurs et en sensitifs n'est plus contestable, une distinction analogue s'applique aussi aux nerfs crâniens, que nos investigations anatomiques et expérimentales nous ont fait rapporter à trois classes ainsi constituées :

Dans la première se rangent les nerfs de sensations spéciales : l'*olfactif*, l'*optique* et l'*auditif*.

Dans la seconde figurent les nerfs de sensibilité générale : les *portions ganglionnaires du trijumeau*, du *glosso-pharyngien* et du *pneumogastrique*, qui, pouvant en outre servir à certaines sensations spéciales, établissent une transition entre les nerfs précédents et les nerfs qui servent exclusivement à la sensibilité générale.

Enfin, dans la troisième classe, se trouvent ceux qui président aux mouvements volontaires et à certains mouvements respiratoires : le *moteur oculaire commun*, le *pathétique*, le *masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), le *moteur oculaire externe*, le *moteur tympanique*, le *facial*, le *spinal* et le *grand hypoglosse*.

Nous avons déjà fait connaître (1) les caractères généraux et distinctifs des nerfs des deux dernières classes, nerfs qui offrent les plus grandes analogies avec les deux sortes de racines spinales. Il ne reste donc plus, avant de passer à l'étude physiologique de chaque nerf crânien, en particulier, qu'à exposer les caractères communs aux nerfs de la première catégorie.

Nerfs sensoriaux (*).

Un fait qui frappe tout d'abord, et qui est bien digne de fixer l'attention, est le suivant : chacun des nerfs de sensations spéciales peut être excité ou lésé d'une manière quelconque, sans éveiller jamais la moindre douleur. Ch. Bell (2) est le premier qui ait signalé cet important résultat que nombre de fois nous avons vérifié,

(1) Pages 190 et suiv.

(*) Ou de sensations spéciales.

(2) *Idea of a New Anatomy of the Brain*, 1811, p. 35. — *Narrative of the Discoveries of* sir CH. BELL *in the Nervous System*, by AL. SHAW. London, 1839, p. 223.

au moins pour l'olfactif et l'optique : nous avons toujours vu, en effet, les animaux demeurer impassibles pendant la destruction de ces nerfs.

Mais, si une douleur analogue à celle qu'occasionne la blessure d'un nerf de sensibilité générale n'est point alors perçue, les sensations propres à chaque *nerf sensoriel* peuvent, au contraire, se développer sous l'influence d'excitations mécaniques ou électrique dirigées sur lui.

Ainsi, au rapport des chirurgiens, la section du nerf optique, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière, à condition, toutefois, que le nerf optique soit resté sain dans le lieu même de la section. L'électricité, dégagée de deux métaux hétérogènes faisant la chaîne avec l'œil suffit déjà pour donner lieu, dans l'obscurité, à une faible sensation lumineuse : l'œil n'a pas même besoin de se trouver dans le courant ; car, pourvu qu'il en soit très rapproché, la sensation se produit encore par l'effet d'une partie du courant qui se détourne sur lui. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'une des plaques est mise en contact avec la face interne d'une paupière, et l'autre avec l'intérieur de la bouche (*) ; expérience faite pour la première fois par Volta, à Milan (1).

La stimulation électrique des nerfs auditifs détermine des sensations auditives : le même savant ayant compris ses oreilles dans le courant d'une pile de quarante couples, éprouva un sifflement et un bruit saccadé qui persistèrent tant que le circuit demeura fermé. Ritter (2) a fait des observations analogues sur lui-même.

Divers observateurs ont parlé d'une odeur phosphorée, ou d'autres sensations olfactives, perçues sous l'influence d'un courant électrique dirigé dans les fosses nasales. Plusieurs fois j'ai fait passer, dans la *partie supérieure* de mes fosses nasales, des courants électriques d'intensité variable, et j'ai toujours éprouvé un picotement plus ou moins vif dans la pituitaire, accompagné d'une sécrétion abondante de larmes ; mais je n'ai jamais perçu aucune sensation olfactive.

Chacun sait que si l'on agit sur les nerfs gustatifs, en armant la langue avec des métaux hétérogènes, on développe une saveur acide ou salée, suivant la situation

On ignore si la cause des aptitudes particulières des nerfs de sensations spéciales réside en eux-mêmes ou dans les parties de l'encéphale avec lesquelles ces nerfs sont en communication : peut-être ces aptitudes diverses tiennent-elles à la fois à une structure et à une origine différentes pour chacun d'eux. Avouons toutefois que les recherches microscopiques sont loin d'avoir révélé, jusqu'à présent, des caractères suffisants pour faire distinguer sûrement les nerfs sensoriaux les uns des autres. Au contraire, dans nos expériences, étant déterminées les attributions d'un nerf moteur ou sensitif, nous avons toujours trouvé des attributions concordantes dans les points de l'axe cérébro-spinal qui lui donnaient insertion : on a vu déjà que nous avons fait la même remarque, en expérimentant sur les nerfs optiques et sur les tubercules desquels ils proviennent; c'est-à-dire que nous avons dû, dans chaque cas, déterminer des sensations de lumière subjective, comme l'ont démontré les phénomènes de réaction qui se sont manifestés dans l'iris des deux yeux. Ces faits semblent donc autoriser à croire que les parties de l'encéphale continues aux nerfs olfactif et acoustique participent aussi à leurs propriétés spéciales. Par conséquent, l'étude de l'extrémité centrale des nerfs nous paraît être le point le plus important de leur histoire, puisque leurs aptitudes fonctionnelles différentes dépendent probablement du lieu de leur union avec l'axe cérébro-rachidien.

On se rappelle que, indépendamment de leurs relations avec la substance grise, les nerfs de sensibilité générale en offrent d'autres avec le faisceau médullaire postérieur, et ceux de mouvement, avec le faisceau antéro-latéral. Quant aux nerfs de sensations spéciales, nous croyons que c'est bien à tort qu'on s'est efforcé de leur trouver des moyens de communication avec le prolongement des faisceaux postérieurs de la moelle : en effet, d'après ce qui précède, qu'ont-ils de commun avec la sensibilité propre à ces derniers? Quel rapport de propriétés existe-t-il entre les nerfs olfactif, optique, auditif, insensibles à nos irritants mécaniques, et les faisceaux médullaires postérieurs, dont le pincement ou la section provoque des douleurs si vives? Évidemment, il répugne d'admettre que le siége cérébral de sensations aussi distinctes que les sensations olfactives, visuelles et auditives, doive se rencontrer sur le prolongement d'un même faisceau nerveux.

Nerf olfactif.

Galien (1), localisant le sens de l'odorat dans les ventricules du cerveau et pensant que les molécules odorantes y arrivent par les trous de la lame criblée, n'admettait point de nerf spécial pour ce sens : aussi regardait-il les organes que nous nommons *nerfs olfactifs* comme n'étant autre chose que des espèces d'émonctoires destinés à transmettre à l'extérieur la pituite du cerveau. Une pareille hypothèse sur les usages de ces organes venait, sans doute, en partie de ce que Galien avait déjà reconnu leur cavité centrale chez les animaux soumis à son examen. A la fin du VIIIe siècle, le moine Protospatharios (2) émit, le premier, l'opinion que les nerfs olfactifs servent à l'odorat; seulement il maintint l'hypothèse de Galien,

(1) *De instrumento odoratus*, cap. II, et seq. — *De nervorum dissectione*, cap II. — *De usu partium*, lib. VIII, cap. VI; lib. IX, cap. I, VIII, IX.

(2) *De corporis humani fabrica* (lib. IV, cap. XII (in FABRICII *Biblioth. græc.*, Hambourg, 1740. t. XII, p. 865).

et supposa que ces nerfs, tout en transmettant pendant l'inspiration les vapeurs odorantes au cerveau, donnent écoulement avec l'air expiré aux humeurs surabondantes de ce viscère. Vésale (1) nia formellement ce dernier usage que, depuis Galien, tous les anatomistes accordaient à tort aux *processus mamillares* (nerfs olfactifs) ; il les regarda comme uniquement liés aux fonctions olfactives, et soutint avec raison que, chez l'homme, ils ne présentent aucune cavité. Enfin, lorsque, grâce aux travaux de Nic. Massa (2) et surtout à ceux de Schneider (3), on sut que les nerfs olfactifs se ramifient dans la muqueuse nasale, il n'y eut presque plus de doute sur leurs usages, et l'on s'accorda assez généralement à les regarder comme destinés à transmettre à l'encéphale l'impression faite par les odeurs sur la membrane pituitaire. Cependant cette doctrine eut encore Diemerbroeck (4) et Méry (5) pour opposants : ces auteurs, en niant la distribution des nerfs olfactifs dans la muqueuse du nez, leur refusèrent tout concours dans l'olfaction, et soutinrent de nouveau que leur principal et unique usage est d'évacuer les humeurs du cerveau. Ils s'écartèrent pourtant de l'opinion de Galien en ce qu'ils admirent des nerfs pour le sens de l'odorat, et, d'après eux, ces nerfs étaient des divisions de la cinquième paire.

Les idées de Diemerbroeck et de Méry n'avaient plus de partisans ; tous les physiologistes du siècle précédent et du nôtre affirmaient, avec Haller (6), que la *première paire* est, sans contredit, le nerf spécial de l'olfaction, lorsque Magendie (7) essaya, en 1824, de la déposséder encore de ses vraies attributions, pour confier de nouveau à la cinquième paire la transmission des impressions olfactives. S'il fallait en croire ce physiologiste, qui, en 1839 (8), n'est pas éloigné de « supposer qu'il peut se faire une sorte d'imbibition à travers la matière nerveuse du nerf olfactif, imbibition qui aurait pour résultat de livrer passage à quelques parcelles du liquide céphalo-rachidien », nous n'aurions aucune donnée sur les usages des nerfs appelés à tort *olfactifs*, et il faudrait « les mettre dans la même catégorie que la glande pituitaire, la glande pinéale, le corps calleux, le septum lucidum, et tant d'autres parties du cerveau dont les fonctions nous sont complète-

lissement circonscrit du cervelet, aucun n'a présenté l'érection, au contraire, sur trois seulement de *ramollissement de la totalité de cet organe* (Andral, *ouvr. cit.*, p. 701), ramollissement qui, par cela même, pouvait s'étendre jusqu'à l'origine de la moelle, sur trois cas, dis-je, *deux* ont offert le phénomène de l'érection du pénis. D'ailleurs, dans les cas rapportés par Serres, l'état anatomique du canal vertébral n'a pas toujours été exploré; une altération simultanée du cordon spinal n'est-elle pas au moins probable, par cela seul que, dans la plupart des faits mentionnés par cet auteur, il est question d'une roideur tétanique ou de mouvements convulsifs des membres?

Nous sommes donc porté à croire qu'on doit rapporter à la moelle épinière l'influence attribuée exclusivement au lobule médian du cervelet. Cette conclusion paraîtra d'autant plus probable que, comme nous l'avons déjà dit, la tendance au priapisme s'observe très fréquemment dans les lésions morbides de la partie supérieure de la moelle. Ajoutez que, chez les animaux, au dire de Ségalas (1), on peut, par des titillations artificielles de la portion cervicale de cet organe, produire l'érection, et même l'éjaculation, si l'on excite en même temps la portion lombaire; tandis que ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a lieu, *si l'on stimule isolément soit le cervelet*, soit le cerveau (*).

Quant aux observations que Gall emprunte à Larrey, et dans lesquelles il est question de l'oubli des désirs érotiques, ou de lésions de l'appareil génital autres que le priapisme et coïncidant avec des altérations du cervelet, elles méritent à peine une réfutation. Dans l'observation de René Bigot, par exemple, il est dit que le blessé avait cessé d'être passionné pour les femmes. Remarque étrange, si l'on songe que ce soldat mourut le *trente-huitième jour* de sa blessure, qu'il éprouva durant ce temps des douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, douleurs accompagnées de cris lugubres, qu'en un mot il se trouvait dans des conditions dépressives qui font taire, chez la plupart des hommes, l'appétit vénérien. Si l'on veut bien se rappeler l'influence remarquable de la moelle sur la circulation capillaire, l'atrophie de cet organe sur le précédent malade, les douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, il sera assurément bien permis de rapporter le fourmillement et l'atrophie des testicules, plutôt à la lésion de la moelle qu'à celle du cervelet lui-même.

Quant au cas dans lequel le pénis n'était long que de six lignes et les testicules seulement du volume d'un haricot, si l'on a trouvé le cervelet moitié moins volumineux qu'à l'état normal, rien ne prouve qu'il ne s'agisse point ici d'une simple coïncidence entre deux phénomènes tout à fait indépendants l'un de l'autre.

Comme, dans le troisième cas, on n'a fait que soupçonner une lésion du cervelet, et comme, d'ailleurs, il est survenu une faiblesse générale de tous les organes, y compris ceux de la génération, il nous semble inutile de nous arrêter à ce fait aussi insignifiant que celui qui nous reste à examiner en quelques mots.—Si, chez une vache observée par Thion (2), le part s'est fait sans sécrétion laiteuse, et si cette

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 293.

(*) BUDGE et VALENTIN (*ouvr. cit.*) disent avoir provoqué, par la stimulation directe du cervelet, des mouvements dans les *testicules*, les *vésicules séminales*, les *trompes*, la *matrice*, la vessie, l'estomac et le canal intestinal; mais, jusqu'à présent, je n'ai pu réussir à confirmer les observations de ces physiologistes. — Du reste, je dois avouer que, dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été également impossible de reproduire les résultats annoncés par SÉGALAS.

(2) *Archives génér. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 287.

vache n'a plus redemandé les approches du mâle, il n'y a rien là qui doive surprendre, puisqu'il est dit que l'animal avait perdu l'appétit, maigrissait et était sans cesse assoupi. A la vérité, le part avait eu lieu quelque temps avant que les symptômes de la maladie encéphalique se fussent prononcés, ce qui n'empêche pas de croire que l'affection morbide existait déjà et qu'elle avait pu exercer sur l'économie tout entière, et partant sur les sécrétions, une influence fâcheuse. Mais qui oserait affirmer que, si les arborisations cartilagineuses et les nombreux tubercules, dont l'autopsie a révélé l'existence, eussent siégé dans toute autre partie de l'encéphale que dans le cervelet, la sécrétion laiteuse n'eût pas été de même abolie ? D'ailleurs, la suppression de cette sécrétion ne pourrait-elle pas être attribuée aussi à bien d'autres causes indépendantes de l'affection encéphalique ?

Aucun de ces faits pathologiques ne saurait donc démontrer que l'opinion de Gall sur le cervelet est fondée.

Il n'est pas sans intérêt d'opposer à de pareilles observations, regardées comme favorables à Gall par quelques auteurs, l'exemple d'une jeune fille qui, *complétement dépourvue de cervelet*, se livrait néanmoins à la masturbation (1).

Si réellement l'instinct vénérien résidait dans le cervelet, il faudrait donc supposer que cet instinct peut se manifester en l'absence de son organe; supposition que la raison désapprouve. A la vérité, l'observation précédente est également subversive des diverses opinions dans lesquelles le cervelet est considéré tantôt comme un foyer de sensibilité, tantôt comme le générateur des mouvements volontaires ou involontaires, tantôt comme le siége d'une force impulsive en avant, etc. Serait-ce qu'aucune de ces manières de voir sur les attributions du cervelet n'est réellement fondée ? Cela est probable. La jeune fille dont il s'agit « se *laissait souvent tomber* » ; on pourrait donc trouver là une confirmation de l'opinion qui voit dans le cervelet le régulateur des mouvements : mais, les chutes étaient-elles la conséquence d'une grande faiblesse ou d'un *défaut de coordination* dans les facultés locomotrices ?

Gall (2) a cru devoir affirmer que c'est seulement à l'âge où se manifeste le pou-

survécut huit jours en présentant divers phénomènes curieux. Il avait, entre autres singularités, *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes..... Pour bien m'assurer du fait, je détruisis sur plusieurs autres animaux les nerfs olfactifs, et les résultats furent exactement semblables. »

Bien des fois j'ai constaté aussi combien étaient sensibles à l'action de l'ammoniaque ou de l'acide acétique des pigeons qui avaient survécu plusieurs semaines à l'ablation des lobes cérébraux et des nerfs olfactifs : je les ai vus, à l'approche de ces substances, éternuer, se frotter les narines avec leurs pattes, etc. Mais, ne trouvant là rien que de très ordinaire, j'avais garde de conclure, avec Magendie, que ces animaux eussent *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes ; car, en réalité, ils avaient seulement conservé, vu l'intégrité de la cinquième paire, la sensibilité générale de leurs narines : d'où les mouvements réactionnels qu'ils exécutaient, d'où encore le clignement quand on approchait, à une certaine distance de leur conjonctive, les vapeurs acétiques ou ammoniacales (*).

C'est néanmoins par de semblables indices que Magendie avoue « avoir été mis sur la voie de soupçonner que les branches que la cinquième paire envoie dans les fosses nasales étaient les organes par lesquels la *sensibilité olfactive* se maintenait après la destruction des nerfs de la première paire » (*loc. cit.*, p. 171). Or, cherchez-vous, dans cet auteur, la preuve expérimentale de son assertion, vous lisez avec surprise, quelques lignes plus bas, le récit d'une expérience qui d'abord n'est qu'insignifiante, mais qui bientôt devient démonstrative dans un sens précisément opposé au dire de l'expérimentateur. Après la destruction des nerfs olfactifs chez un chien braque, « j'ai voulu, dit Magendie (1), m'assurer s'il reconnaîtrait l'odeur de la viande, du fromage, et en général des aliments. A cet effet, j'en ai enfermé des portions dans du papier et *je les ai présentées à l'animal ;* il a toujours *défait* le papier et s'est emparé des aliments. Mais dans d'autres circonstances il m'a paru manquer d'odorat pour trouver des aliments que je mettais près de lui *à son insu.* » Personne ne voudrait affirmer que, parce que cet animal *défaisait* le papier, il odorait les aliments qui y étaient contenus ; car il est assez habituel au chien affamé de faire la même chose des morceaux de papier roulés qu'on lui présente, dussent-ils ne contenir aucun aliment. Mais, dans cette expérience, il est dit que l'animal paraissait manquer d'odorat pour trouver les aliments déposés près de lui *à son insu :* est-ce de cette manière que Magendie pense prouver que « la *sensibilité olfactive* se maintient, après la destruction des nerfs de la première paire, par les

(*) ESCHRICHT (*De funct. primi et quinti paris nervorum in olfactorio organo* (*Journ. de phys. expérim.*, t. VI, p. 360) raconte que Magendie avait enlevé à un crapaud (*bufo*) tout le cerveau, et l'avait remplacé par une éponge. L'animal vécut ainsi pendant quatorze jours, et semblait assez bien se porter. Comme il ne lui restait aucun vestige de la première paire, on trouva que c'était une bonne occasion pour faire des expériences sur l'olfaction. Quand on lui approchait du nez un flacon d'ammoniaque, l'animal reculait, détournait la tête et se frottait le nez de ses pattes antérieures. Ayant répété cette expérience, Eschricht nous apprend que s'il approchait le flacon de l'anus, il voyait tous les mêmes phénomènes se produire en sens contraire. L'animal se précipitait en avant, les mouvements du sphincter étaient très rapides, et avec ses pattes il se frottait l'anus, comme auparavant il s'était frotté le nez : « *Quoties ano lagenam admovi, ea dua phenomena, sed contraria directione apparebant : prorsum animal procurrebat, celerrimus erat sphincteris motus ; et quomodo anterior pes antea nasum, ita posterior anum palpabat.* » Si l'on osait conclure des expériences de Magendie que l'animal a réellement *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes, on devrait logiquement tirer la même conclusion de cette dernière expérience d'Eschricht, en ce qui concerne la muqueuse anale. Mais chacun voit bien que, dans tous ces cas, il ne peut s'agir que de l'influence de l'ammoniaque sur la sensibilité générale et non sur l'odorat.

(1) *Loc. cit.*, p. 174.

filets de la cinquième » ? Il faut bien le croire, puisqu'on cherche vainement d'autre expériences du même auteur à l'appui de cette assertion paradoxale.

L'expérience précédente supposée bonne, il fallait nécessairement la contre épreuve, c'est-à-dire couper la cinquième paire dans l'intérieur du crâne (*), e abolir ainsi la faculté olfactive. Or Magendie (1) « voyant les animaux auxquels fait respirer de l'ammoniaque et de l'acide acétique rester impassibles après la sec tion de la cinquième paire », en conclut que « *l'odorat*, relativement aux odeur fortes, *est exercé par les branches de la cinquième paire* ». Cette conclusion es bien loin d'être rigoureuse, car il ne faut point perdre de vue que l'ammoniaque et l'acide acétique agissent à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale comme substances odorantes qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier d'abord en rien leur action sur la seconde : or, qu vous apprendra qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables, chez les animaux, pour qu'ils ne demeurent point impassibles? A cause de leur impassibilité, serez-vous donc en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus ? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime *instantanément* avec l'influence de la cinquième paire ; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale.

Non content de ces expériences, auxquelles, selon nous, on a donné une fausse interprétation, on a voulu encore invoquer la pathologie pour établir que l'*odorat est réellement exercé par la cinquième paire ;* et une observation de Serres (2) a été citée, par beaucoup d'auteurs, comme un cas de dégénérescence du trijumeau droit *avec perte de l'odorat* dans le côté correspondant. Comment se fait-il qu'à la page 80 (*ouvr. cit.*) je lise le passage suivant : « Je fis observer ensuite que dans toutes les expériences la membrane pituitaire avait paru insensible, quoiqu'on l'eût irritée avec un stylet ou les barbes d'une plume promenées en divers sens dans

Nerf optique.

Si aucun physiologiste n'hésite à croire que le nerf optique soit chargé de transmettre les impressions visuelles, ce que démontrent surabondamment les expériences, la pathologie et l'anatomie comparée, tous ne veulent point admettre cette proposition : *Le nerf optique est le nerf exclusif de la vision, et nul autre ne peut le suppléer dans sa fonction spéciale.* En effet, on a pensé que, dans divers animaux, chaque nerf de sensation spéciale, le nerf optique en particulier, pouvait être remplacé par des rameaux de la cinquième paire. Nous avons déjà combattu cette opinion dans nos considérations générales sur les sens.

Un résultat qui excite à la fois l'étonnement et l'intérêt est celui-ci : on peut, sur l'animal vivant, pincer, cautériser, couper, détruire de toutes les manières le nerf optique, sans donner lieu à la moindre sensation douloureuse ; qu'on le prenne avant ou après son entrecroisement, il paraît complétement *insensible* dans toute sa longueur.

Ch. Bell (1), qui le premier a noté l'insensibilité du nerf optique aux irritants mécaniques, a prouvé que la rétine, considérée comme son épanouissement terminal, est insensible à ces mêmes agents. Magendie (2) a confirmé cette opinion. « Il y a environ quatre mois, dit ce physiologiste, qu'on amena au Bureau central des hôpitaux une femme affectée de deux cataractes mûres, et qui désirait vivement d'être opérée ; je voulus en même temps satisfaire à son vœu et au grand désir que j'avais de m'assurer si la rétine a cette exquise sensibilité sur laquelle les physiologistes et les métaphysiciens ont tant insisté..... Je dirigeai l'aiguille vers le milieu du fond de l'œil, et je touchai très légèrement la rétine : la femme ne donna aucun signe de sensibilité. Je répétai cette tentative cinq ou six fois, et le résultat fut toujours le même. Je répétai cette observation sur un homme : je touchai à diverses reprises la rétine ; le malade n'en fut instruit par aucune sensation. Le contact de l'instrument, et même les piqûres que j'ai faites sur cet homme à la rétine, n'ont point empêché l'opération de réussir complétement. »

Beaucoup de chirurgiens, en pratiquant l'ablation du globe oculaire, ont aussi reconnu l'insensibilité du nerf optique. Toutefois il faut bien se rappeler que celui-ci est entouré de quelques filets venus directement du rameau nasal, et ne pas rapporter la sensation douloureuse que leur division doit occasionner à la section du nerf optique lui-même.

à la fois à la sensibilité générale des narines et à la sensibilité spéciale ou olfactive ; il rappelle, à cette occasion, ce qui a lieu pour la langue à propos de la sensibilité gustative. De plus, il pense que les faits qu'on a invoqués jusqu'ici ne sont pas suffisamment probants, et annonce avoir commencé quelques nouvelles expériences sur la destruction isolée des deux espèces de nerfs qui se rendent dans la membrane muqueuse des fosses nasales.

Au contraire, dans des expériences toutes récentes, SCHIFF (*Untersuch. zur Naturlehre*, etc., de MOLESCHOTT, VI, fasc. 1, Giessen, 1859) s'est appliqué à démontrer que le nerf de la première paire doit être considéré comme le nerf exclusif de l'olfaction : « Les chiens, dit-il, dont j'avais coupé ce nerf, et que j'ai conservés vivants après la guérison de la plaie, mangeaient volontiers leurs propres fèces mêlées aux aliments, buvaient leur urine, ne distinguaient plus la viande du pain, ne fuyaient plus certaines matières odorantes, etc. »

(1) *Idea of a New Anatomy of the Brain.* London, 1811, p. 35.— *Narrative of the Discoveries of* CH. BELL *in the Nervous System*, by ALEX. SHAW. London, 1839, p. 223 et suiv.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 312, t. V, p. 37.

Dès que ce nerf est coupé, chez un animal, la pupille se dilate; elle demeure immobile lorsque, prenant le soin de fermer l'œil sain, on place l'animal devant la lumière la plus vive. Irrite-t-on le *bout oculaire* du nerf optique, on n'observe aucun mouvement dans l'ouverture pupillaire, qui, au contraire, se meut d'une manière apparente si l'irritation porte sur le *bout encéphalique*. En reproduisant, sur des chiens et des lapins, ces effets obtenus pour la première fois sur des pigeons par Herbert-Mayo (1), j'ai pu noter d'abord qu'ils sont loin de succéder régulièrement à chaque excitation; que, de plus, tantôt il y a contraction simultanée des deux iris, et tantôt contraction limitée à l'iris de l'œil qui correspond au nerf optique excité.

Néanmoins j'ai vu le plus ordinairement l'iris de chaque œil se mouvoir à la suite de l'excitation d'un seul nerf optique; j'ai fait aussi la même remarque en excitant, chez des pigeons, un seul des tubercules bijumeaux. Déjà Flourens (2) avait observé que « l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé ».

J'ai coupé, à droite, le nerf moteur oculaire commun, après avoir d'abord divisé le nerf optique correspondant; et, en pinçant à diverses reprises la portion de celui-ci qui tenait à l'encéphale, je n'ai plus aperçu, avec Herbert-Mayo (3), aucune contraction de l'iris droit; mais ce que cet expérimentateur n'a pas noté, c'est que l'iris gauche continue de se mouvoir sous l'influence des excitations mécaniques portées sur le bout cérébral du nerf optique droit. — Pour donner l'explication de ces curieux phénomènes, il faut rappeler d'abord quelques faits dignes d'intérêt :

L'influence mécanique d'un coup ou d'une pression sur l'œil donne lieu à des sensations lumineuses. Personne n'ignore qu'en comprimant soi-même l'œil, après l'avoir fermé, on détermine l'apparition d'un cercle de feu, et qu'à l'aide d'une pression moins forte, on provoque celle de couleurs qu'on peut même transformer les unes dans les autres. L'espèce d'éclair qu'on aperçoit en pressant brusquement le globe oculaire, et qui n'est qu'une lumière subjective impropre à faire distinguer les objets dans l'obscurité, dépend de l'irritation mécanique du nerf optique; car (comme je l'ai déjà fait observer), au rapport de plusieurs chirurgiens, la section de ce nerf, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière. J'ai pris à ce sujet quelques informations, desquelles il résulte qu'à la vérité ce phénomène ne s'observe pas d'une manière constante durant ces sortes d'opérations; mais de pareils résultats ne viennent nullement contredire l'assertion précédente, attendu que, dans les cas où l'ablation de l'œil est indiquée, le nerf optique lui-même a subi souvent une dégénérescence telle qu'il n'est plus apte à provoquer aucune sensation de lumière.

Si donc le pincement, la section, etc., du nerf optique, donnent lieu, chez l'animal, à une vive sensation lumineuse, on comprendra facilement, d'après ce qui a lieu dans l'état normal, qu'à l'irritation du bout cérébral d'*un* nerf optique succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme le dit Herbert-Mayo, mais de l'iris des deux yeux à la fois, comme nous l'avons observé. Nous proposons la même explication pour rendre compte des effets analogues que nous avons constatés, en irritant *un seul* tubercule bijumeau. Alors aussi une

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 349.
(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* Paris, 1824, p. 152.
(3) *Loc. cit.*

lumière subjective impressionne fortement l'animal, d'où les mouvements simultanés des deux ouvertures pupillaires que nous avons aperçus dans nos expériences. On n'obtient d'ailleurs rien de pareil en agissant sur les couches optiques, les lobes cérébraux, etc., ce qui, rappelons-le, nous confirme dans l'opinion que les tubercules indiqués, *bijumeaux* ou *quadrijumeaux*, selon la classe de vertébrés, font réellement partie intégrante de l'appareil nerveux de la vision. Quant à la section d'un nerf moteur oculaire commun, qui empêche aussitôt l'iris correspondant de se contracter, lors même qu'on irrite le bout périphérique ou le bout cérébral du nerf optique du même côté, cela s'explique facilement, puisque le moteur oculaire commun, par l'intermédiaire du ganglion ophthalmique, est le seul nerf qui préside directement aux mouvements de la membrane iris; mais, dans ce cas, la sensation lumineuse ne s'en développe pas moins quand on pince, sur le nerf optique coupé, le bout qui tient au cerveau : aussi, l'iris encore mobile de l'œil opposé doit-il, comme dans l'état ordinaire, rendre manifeste cette sensation par des mouvements de la pupille, ce qui a eu lieu en effet chez les animaux que nous avons observés.

Quelques-unes des précédentes expériences sont donc propres à faire supposer qu'indépendamment des nerfs optiques, les tubercules de ce nom sont susceptibles d'éprouver les sensations spéciales et propres au sens de la vue. On sait d'ailleurs que la paralysie complète de la rétine ne détruit point la possibilité d'images lumineuses dues à des causes internes. Un homme, chez lequel l'un des yeux n'existait plus, et que de Humboldt galvanisait, n'en éprouvait pas moins de ce côté des sensations lumineuses. Lincke (1) nous apprend qu'un malade, auquel on avait pratiqué l'extirpation du globe oculaire; vit aussi, du côté correspondant et pendant quelques jours, toutes sortes de phénomènes lumineux subjectifs, qui le tourmentèrent, au point de faire naître en lui l'idée qu'il les voyait réellement sous ses yeux.

Quant à l'usage du mode d'entrecroisement particulier aux nerfs optiques, diverses hypothèses ont été émises. Selon Wollaston (2), cet entrecroisement sert à la *vue simple* avec deux yeux, en même temps qu'il nous révèle, pour ainsi dire, le mécanisme de l'hémiopie, affection dont ce savant avait été atteint. Dans son opinion, chaque nerf optique, pris d'abord en arrière du chiasma, est supposé se diviser, en ce point, en deux parties égales, l'une allant *directement* former la moitié externe de la rétine de son côté, et l'autre marchant obliquement, au contraire, vers la moitié interne de la rétine du côté opposé : or, comme l'objet visible qui frappe le côté externe de l'une des rétines, frappe nécessairement l'interne de la rétine opposée, Wollaston en conclut que nous voyons l'objet simple, parce que nous le voyons par un seul nerf, et que, dans l'hémiopie, tout un côté du champ visuel des deux yeux demeure inactif, par la raison qu'en arrière du chiasma un nerf optique tout entier reste dans l'inertie.

On ne peut guère admettre que l'entrecroisement partiel des nerfs optiques aide, comme on l'a supposé, à confondre en une seule les sensations des deux yeux; car cette fusion est évidemment une opération intellectuelle. Les appareils de l'ouïe ne paraissent pas croiser leurs nerfs, et pourtant n'en apprécient pas moins l'unité d'un son. De plus, puisque la moindre déviation de l'un des axes optiques nous

(1) *De fungo medullari*, etc. Lipsiæ, 1834.
(2) *Philos. Transact. of the Society of London for the year* 1824, p. 1 (*Archives génér. de méd.*, 1re série, t. VII, p. 566).

fait *voir double*, les sensations des deux yeux ne sont donc point organiquement confondues dans le chiasma.

Dugès (1), avec d'autres physiologistes, croit que la décussation est partielle et non totale dans les vertébrés supérieurs, afin que chaque œil, même isolément impressionné, intéresse dans ses opérations les deux moitiés de l'encéphale; et afin que, dans le cas d'impressions simultanées, le *sensorium* puisse doubler, ou à peu près, l'intensité des perceptions, en rendre l'appréciation plus vive, plus rapide : en même temps, la fusion des deux impressions reçues à la fois lui semble devoir être plus facile.

On ne sait point encore positivement pourquoi les nerfs optiques s'entrecroisent, et il n'est guère possible, jusqu'à présent, de saisir les relations qui existent entre cette disposition anatomique et la fonction visuelle. D'ailleurs, ces relations seraient beaucoup moins importantes qu'on n'est porté à le croire, si toutefois on admettait comme exactes l'observation de Vésale (2), celles de Valverda (3) et de Loesel (4) qui disent avoir connu des personnes douées d'une vue parfaite, et chez lesquelles les nerfs optiques ne s'entre-touchaient même point.

Si les impressions visuelles extérieures sont incontestablement transmises à l'encéphale par les nerfs optiques, si les tubercules bijumeaux ou quadrijumeaux paraissent liés à l'exercice de la vision, connaît-on la région encéphalique à laquelle doivent arriver ces impressions pour être élaborées et pour laisser des traces et des souvenirs durables? Cette importante question a été examinée quand nous nous sommes occupé de l'étude physiologique de l'encéphale.

Nerf auditif.

Ce nerf a pour mission de conduire jusqu'au centre perceptif les impressions auditives : mais l'anatomie comparée, les expériences et la pathologie nous apprennent que ses différentes branches n'ont pas une égale importance, et que la *branche vestibulaire* est la plus essentielle à l'audition. Ne doit-on pas, en effet, regarder le vestibule comme la partie principale du labyrinthe, puisque c'est celle qui reste la dernière, et, en définitive, celle à laquelle se réduit l'oreille? Après le vestibule, toutes les autres parties sont comme accessoires ou représentent des organes de renforcement et de perfectionnement. Dans les crustacés et les mollusques, où l'organe de l'ouïe est encore apercevable, et même dans les poissons cyclostomes, on ne trouve plus qu'une petite poche contenant un peu de liquide et un corps lapilliforme : cette poche est l'analogue du vestibule chez les animaux supérieurs, et le nerf qui s'y distribue représente seulement la branche vestibulaire du nerf auditif.

D'expériences dans lesquelles il avait successivement enlevé les divers compartiments de l'oreille interne, et détruit, par conséquent, les nerfs qui s'y distribuent, Flourens (5) a conclu que « la partie la plus essentielle à la fonction auditive est évidemment l'*expansion nerveuse du vestibule*. C'est même, à la rigueur,

(1) *Loc. cit.*, p. 297.
(2) *De corporis humani fabrica*. Bâle, 1543, lib. IV, cap. IV, p. 325.
(3) *De sedibus et causis morborum*, epist. XIII, n° 7.
(4) *De renib.*, p. 59, cité par HALLER dans *Elem. physiol.*, t. V, p. 348.
(5) *Recherches sur les conditions fondamentales de l'audition et sur les diverses causes de la surdité*, mémoire communiqué à l'Académie des sciences le 27 décembre 1824.

ajoute ce physiologiste, la seule partie indispensable; car toutes les autres peuvent être ôtées, et pourvu que celle-là subsiste, l'audition subsiste. »

L'analyse physiologique se montre donc ici parfaitement d'accord avec les données offertes par l'anatomie comparée.

Valsalva et Kranitz, au rapport d'Esser (1), citent des cas d'absence ou de destruction du limaçon et de la *branche limacéenne* du nerf auditif, chez l'homme, sans que la faculté d'entendre et même de distinguer les divers sons ait été détruite.

Les physiologistes ne possèdent point, jusqu'à présent, de données positives pour savoir quelles sont les attributions distinctes des deux branches du nerf auditif: ils savent seulement qu'à l'une d'elles est confié un rôle plus directement lié à l'audition en général (*).

On a déjà vu que ce nerf est *insensible* aux irritations mécaniques, c'est-à-dire qu'on peut le diviser, le détruire chez les animaux, sans provoquer la moindre sensation douloureuse (**).

En faisant agir l'électricité sur les nerfs auditifs, on peut donner lieu à des sensations auditives : à ce propos, nous avons déjà rapporté l'expérience dans laquelle Volta, ayant compris ses oreilles dans le courant d'une pile de quarante couples, entendit un sifflement et un bruit saccadé pendant tout le temps que le circuit demeura fermé; nous avons également cité une expérience analogue de Ritter.

Les excitations du nerf auditif peuvent, en outre, déterminer d'autres sensations remarquables dans certaines régions du corps et produire quelques mouvements *réflexes*. Un bruit violent produit, chez tous les individus, le cillement des paupières. Chez ceux dont le système nerveux est très impressionnable, un son inopiné est parfois suivi d'une sensation générale désagréable, comme celle qui résulte d'une commotion électrique dans le corps entier. Certains bruits, par exemple celui de la lime appliquée au fer, provoquent chez beaucoup d'individus une sensation très pénible dans les dents ou un frisson de tout le corps. Quelques personnes sentent la salive leur venir à la bouche quand elles entendent des sons aigus, etc.

On a avancé que le nerf auditif pouvait être suppléé par la cinquième paire; nous savons déjà quelle est la valeur de cette assertion.

Les altérations morbides limitées au nerf auditif sont bien rares : presque toujours la lésion qui le paralyse agit sur les nerfs ou les organes voisins, de sorte qu'il serait inutile de rapporter ces nombreux exemples, dans lesquels, d'ailleurs, l'audition a été plus ou moins compromise. Haigthon (2) a trouvé quelquefois, chez les sourds-muets, le nerf auditif beaucoup plus petit qu'à l'état normal; ce fait a été observé plusieurs fois, entre autres par Silvius, Hoffmann et Arends; Itard (3) l'a vu aussi, mais il pense que l'atrophie du nerf auditif est plus souvent l'effet que

(1) *Mém. sur les fonct. des diverses parties de l'organe auditif*, analysé par BRESCHET.

(*) L'opinion qui consiste à faire d'*une portion* du nerf auditif une espèce de *centre nerveux*, ayant une influence très grande sur les mouvements (FLOURENS, *ouvr. cit.*, p. 487, et BROWN-SÉQUARD, *Experim. Researches*, 1853, p. 21 et 99), vient d'être combattue par SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, Lahr, 1858-59, p. 399) à l'aide d'expériences faites sur des mammifères et sur des grenouilles.

(**) Toutefois BROWN-SÉQUARD (*Experim. Researches*, etc., 1853, p. 21 et 99) assure que, chez les batraciens, il a trouvé le nerf auditif extrêmement sensible, ce qui le différencie, dit-il, des nerfs optique et olfactif.

(2) *Mem. of the Med. Society*, t. III, p. 1.

(3) *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition*. Paris, 1821, t. I, p. 292.

la cause de la surdité. « Les altérations organiques de ce nerf, dit Serres (1), produisent la perte de l'audition, de même que celles du nerf optique produisent la cécité. Celles que j'ai observées avaient produit une atrophie du nerf, ou une hypertrophie avec ramollissement considérable de sa substance dans le canal auditif; deux fois je l'ai rencontré réduit en une matière pultacée d'un blanc jaunâtre. Je dois faire observer ici, par anticipation, que, dans les maladies organiques du plancher du quatrième ventricule, je n'ai pas toujours observé une diminution du sens de l'ouïe proportionnelle à l'altération morbide. »

Nerfs encéphaliques sensitifs.

Ayant déjà exposé (page 190) les caractères communs aux nerfs de cette classe, dans laquelle je range les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique, j'aborderai tout de suite, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de chacun de ces nerfs.

Nerf trijumeau (*).

La question de savoir si les deux nerfs de la face, le trijumeau et le facial, sont appelés à remplir des fonctions distinctes, a été posée seulement par des physiologistes de notre siècle. Pour connaître l'état de la science, sur ce point, au temps de Haller, il suffit de lire ce qu'a écrit J.-F. Meckel (2) sur les usages de ces paires nerveuses. Alors on s'accordait à croire que l'une et l'autre présidaient à la fois à la sensibilité et aux mouvements de la face, et, partant, toute investigation physiologique ultérieure pouvait paraître sans but.

Bellingeri (3) est le premier qui, en 1818, ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des usages différents à la cinquième et à la septième paire des nerfs encéphaliques. Malheureusement, la plupart de ses assertions sont entachées d'erreur : ainsi il croit à tort que la sensibilité tactile de la face est due à l'influence du facial; que la portion ganglionnaire du trijumeau fait contracter *involontairement* les muscles de la face, pour exprimer les diverses émotions de l'âme, telles que la joie, la tristesse, l'amour, la crainte, etc. ; qu'elle préside aux mouvements de l'iris, de la luette, du voile du palais et de la région supérieure du pharynx, parties, ajoute-t-il, qui ne jouissent que de mouvements involontaires et purement organiques. Au contraire, on doit tenir grand compte de ce que Bellingeri a écrit concernant l'influence de la cinquième paire sur les sécrétions. — Quant aux deux observations pathologiques consignées dans son mémoire, évidemment il leur a donné une fausse interprétation, puisque l'une d'elles prouve que le trijumeau est un nerf de sentiment, et que l'autre ne démontre nullement que le facial serve à la sensibilité tactile de la face.

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 453.

(*) Il ne sera question de la racine motrice du trijumeau désignée par BELLINGERI et ESCHRICHT sous le nom de *nerf masticateur* qu'à propos des nerfs moteurs encéphaliques.

(2) *De nervis faciei* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin*. 1751, p. 19).— *De quinto pare nervorum* (Gœttingue, 1748) réimp. dans *Script. nevrol. min.* de LUDWIG, 1791, t. I, p. 145.

(3) *Dissert. inaug. de nervis faciei; quinti et septimi nervorum paris functiones*, Augustæ Taurinorum, 1818 (ORODEI *Annali univ. di med.*, 1827, febr. e marzo ; — *Journ. des progrès des sc. méd.*, 1827, t. IV, p. 21).

Cela posé, qui pourrait contester à Ch. Bell la gloire d'avoir introduit dans la science ces vérités nouvelles, que le facial a mission de faire contracter les muscles sous-cutanés de la face, et la portion ganglionnaire du trijumeau de transmettre à l'encéphale les impressions tactiles développées dans cette région ? Une pareille découverte, si féconde en applications à la pathologie et à la thérapeutique, n'est-elle pas d'ailleurs une conséquence naturelle des belles recherches que, dès 1811 (1), le physiologiste anglais avait faites sur les racines spinales, dont les postérieures lui parurent alors destinées à la sensibilité, et les antérieures au mouvement ? Toutefois l'opinion de Ch. Bell sur les attributions distinctes des deux nerfs de la face, émise seulement en 1821 (2), offrit d'abord une certaine restriction : cet auteur avança, dans ses premiers mémoires, que les muscles des lèvres et des joues étaient mis en mouvement par des nerfs différents, suivant qu'ils servaient à l'expression de la face ou à la mastication ; il rapporta les mouvements du premier genre au facial, et les mouvements de ces parties relatifs à la mastication, à la cinquième paire. Assurément, c'était là une erreur, du reste *en partie* avouée plus tard par Ch. Bell lui-même, et facile à démontrer en coupant, chez un animal, la septième paire des deux côtés de la face : il devient alors évident que, quel que soit l'acte auquel les muscles des lèvres et des joues coopèrent, leur contraction est toujours mise en jeu exclusivement par cette paire nerveuse.

L'expérimentateur anglais avait coupé, chez l'âne, les divisions du trijumeau, seulement au niveau de leurs points d'émergence à la face : mais Fodera (3), à la fin de 1822, pratiqua, sur des lapins, la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, expérience à laquelle bientôt Magendie (4) attacha son nom. Après cette section, Fodera observa l'extinction de la sensibilité dans toutes les parties externes de la face, l'intérieur des narines, des joues, à la surface du palais, de la langue, etc.

Herbert-Mayo (5) publia aussi, la même année, ses recherches à ce sujet : il coupa, sur des pigeons vivants, la cinquième paire *dans le crâne*, et nota la perte du sentiment dans les régions auxquelles elle se distribue. Faisant allusion à d'autres expériences qu'il fit, chez l'âne, sur les branches de ce nerf, Herbert-Mayo assure que « la section des sus- et sous-orbitaires et du maxillaire inférieur, dans les endroits où ils sortent de leurs canaux pour se répandre sur la face, abolit *seulement* la sensibilité dans les parties correspondantes de cette région, tandis que la section du nerf facial paralyse les muscles de la face ». Puis, le même auteur rapporte un cas de lésion de la cinquième paire, qui lui avait été communiqué par Mac-Michael.

Cette observation offre de l'intérêt en ce que, une année avant les expériences de Magendie et l'observation confirmative de Serres, elle avait déjà démontré l'intervention nécessaire du nerf trijumeau pour entretenir les organes des sens dans leur intégrité matérielle et physiologique. En effet, le malade cité par Herbert-Mayo avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la

(1) *An Idea of a New Anatomy of the Brain*. London, 1811.
(2) *Manual for the Student of Anatomy*, by JOHN SHAW. London, 1821. — *On partial Paralysis* du même auteur (*Transact. Med.-Chir.*, t. XII ; — *Journ. de physiol. expérim.*, 1821, t. I, p. 384 ; — *Ibid.*, 1822, t. II, p. 66).
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 207.
(4) *Ibid.*, 1824, t. IV, p. 172.
(5) *Anatomical and Physiological Commentaries*, n° 1. London, 1822. — Extrait dans le *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 546 et suiv.

face, l'usage des sens du même côté ; *son œil était enflammé et la cornée ulcerée à sa surface;* cet œil et les paupières correspondantes étaient immobiles ; le *côté gauche de la face était œdémateux.*

Magendie (1), en 1824, reproduisit l'expérience de Fodera, dont, l'année précédente, il avait publié les résultats dans le tome III de son *Journal de physiologie*, c'est-à-dire qu'il coupa aussi le trijumeau, dans l'intérieur du crâne d'un lapin, mais de manière à ne pas compromettre la vie d'une manière immédiate. Comme Fodera, il reconnut que toute sensibilité avait disparu du côté correspondant de la face, de l'intérieur du nez, etc. ; et en outre il constata, comme cela avait été déjà fait chez le malade dont parle Herbert-Mayo (2), de graves lésions de nutrition dans le globe oculaire, l'immobilité de cet organe et des paupières qui le recouvrent. Enfin, dans un mémoire ultérieur, Magendie (3) signala l'influence fâcheuse de la section du trijumeau sur l'odorat, le goût et même sur l'ouïe.

Eschricht (4), Schœpf (5), Backer (6), etc., établirent aussi, à l'aide d'expériences variées, les rôles différents du trijumeau et du facial ; de plus, Eschricht démontra que le second n'est sensible qu'à cause de ses connexions avec le premier.

En traçant tout d'abord ce résumé historique, qui contient plusieurs faits importants sur lesquels nous reviendrons avec détail, nous avons voulu remplir un devoir, celui de rendre à chaque auteur le fruit de ses veilles.

On sait déjà que tous les nerfs (racines spinales postérieures), qui communiquent spécialement avec le faisceau postérieur de la moelle, sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, la grosse racine du trijumeau plonge dans ce faisceau médullaire qui, au niveau du bulbe, prend le nom de *corps restiforme* ; de plus, elle présente un ganglion (*ganglion de Gasser*) comme les racines spinales postérieures, et enfin sa répartition dans les enveloppes tégumentaires révèle un nerf de sentiment ; l'induction et les données anatomiques tendent donc à établir un pareil rôle. Toutefois ces données seraient insuffisantes sans les preuves fournies par l'expérimentation ; car des filets de la portion ganglionnaire du trijumeau s'arrêtant aussi dans l'épaisseur des muscles sous-cutanés de la face, de ceux de

sensations spéciales, tels que l'optique, l'olfactif et l'acoustique; et nous avons déjà combattu cette opinion paradoxale.

Pour prouver que les *filets musculaires* de la portion ganglionnaire du trijumeau sont absolument incapables de provoquer *directement* des contractions et qu'ils ne sont pas doués de motricité, nous avons, sur le cheval et le chien, après avoir enlevé les lobes cérébraux et séparé le trijumeau de la protubérance annulaire, fait passer des courants électriques *seulement* dans sa grosse racine, en l'isolant de la racine grêle à l'aide d'une lame de verre (*) : jamais nous n'avons aperçu le plus léger mouvement de la face, de la langue, du globe oculaire, de l'iris, du voile du palais ni de la mâchoire inférieure. Des résultats également négatifs ont été constatés, en agissant sur les nerfs sus- et sous-orbitaires, sur le mentionnier, le temporal superficiel, le buccal pris au-devant du masséter, et enfin sur le lingual. Au contraire, comme terme de comparaison, prenions-nous l'hypoglosse ou le facial, aussitôt survenaient de vives contractions, soit dans la langue, soit dans les paupières, les narines, les lèvres et les joues; était-ce aussi la racine grêle du trijumeau (*nerf masticateur*) qui, dans le crâne, subissait l'action du courant électrique, la mâchoire inférieure, d'abord abaissée, se rapprochait avec une certaine force de la supérieure.

Ces expériences comparatives donnent, par conséquent, des résultats analogues à ceux qui, déjà, ont été mentionnés à propos des deux ordres de racines spinales, et elles prouvent surtout que certains filets de la portion ganglionnaire du trijumeau peuvent aboutir aux muscles sans avoir mission de les faire contracter. Ces filets ne se rapportent qu'à la sensibilité particulière à la fibre charnue (**).

Si l'on excepte la peau qui recouvre la partie postérieure de la tête, la muqueuse qui tapisse la base de la langue, une partie du pharynx, les piliers du voile du palais, la trompe d'Eustache et la cavité du tympan (1), on sait que le trijumeau se distribue au reste des téguments cutanés et muqueux de la tête, en y comprenant les dents, les glandes salivaires, lacrymales, etc. Aussi la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, comme Fodera (2) l'a démontré, ne manque-t-elle point d'anéantir le sentiment dans toutes ces dernières parties.

Pour pratiquer cette section sur des lapins, j'emploie un instrument à tige d'acier, cylindrique, épaisse d'un millimètre et demi, longue de cinq centimètres, munie d'un pas de vis sur lequel chemine un curseur qui sert à délimiter d'avance la longueur exacte que, pendant l'opération, on doit donner à la tige elle-même, terminée par une très petite lame mince et tranchante : sur le manche, se trouve un point de repère qui indique la position de la lame engagée dans le crâne. Ayant d'abord, sur le crâne vide d'un lapin, mesuré l'étendue à franchir pour diviser le tronc de la cinquième paire à son passage sur le rocher, j'arrête le curseur au point convenable pour éviter la lésion de la protubérance ou du pédoncule cérébral; puis, sur l'animal vivant, l'instrument est introduit au-devant du conduit

(*) Afin d'expérimenter plus commodément, il convient de fendre l'espèce d'arcade que la dure-mère forme au-dessus de la dépression du rocher sur laquelle glisse le trijumeau.

(**) Nous avons déjà vu qu'il existe des fibres nerveuses (*vaso-motrices*) en rapport médiat avec les actes nutritifs : on en rencontre un certain nombre dans la cinquième paire.

(1) ARNOLD pense que des filets de l'auriculo-temporal, division du nerf trijumeau, se rendent à la muqueuse de cette cavité.

(2) *Loc. cit.*

auditif externe dans une direction horizontale, de manière à former un angle droit avec la partie latérale de la face et à côtoyer la base du crâne. A peine la cinquième paire est-elle atteinte, que des cris aigus se font entendre; alors on imprime à l'instrument, dont on élève un peu le manche, de légers mouvements de dedans en dehors, et la section du tronc nerveux s'effectue au milieu des plus vives douleurs.

Plusieurs accidents, que j'ai signalés ailleurs (1), peuvent compliquer cette opération délicate. Je rappellerai seulement ici qu'en appuyant avec un peu trop de force l'instrument sur la base du crâne, il m'est arrivé quelquefois, sur de jeunes lapins, de rompre le rocher, et de trouver, à l'autopsie, le *facial* et l'*acoustique déchirés* ou *contus*. Cet accident est certainement arrivé aux expérimentateurs qui ont prétendu que la section de la cinquième paire entraînait la perte *immédiate* de l'ouïe et la paralysie *absolue* des mouvements de la face.

L'opération étant convenablement exécutée sur un seul nerf trijumeau, on ne manque jamais de constater l'*anesthésie* la plus complète dans tous les organes du côté correspondant qui reçoivent des rameaux de ce tronc nerveux: c'est ainsi qu'on peut pratiquer l'ablation du globe oculaire, arracher les dents et les poils, cautériser avec le fer rouge et détruire entièrement toute une moitié de la face, etc., sans que l'animal paraisse s'en apercevoir. Preuve incontestable que le nerf facial, demeuré intact, ne sert point à transmettre les impressions, et que ce rôle appartient exclusivement à la cinquième paire.

La section de cette paire nerveuse entraîne aussi, *dans les organes des sens spéciaux*, des lésions dont les unes sont immédiates, dont les autres sont plus tardives : cette dernière circonstance oblige à laisser vivre les animaux, après l'opération, au moins durant quelques jours. — Nous allons passer successivement en revue les organes des sens, et noter ce qu'il advient à chacun d'eux, quand l'intervention de la cinquième paire est supprimée.

1° *Organe de la vue*. — On se rappelle que Fodera, Ch. Bell et Herbert-Mayo (2) ont démontré, dès 1821 et 1822, que la *section intra-crânienne* ou les lésions morbides de la cinquième paire abolissent la sensibilité générale de cet organe ; on se souvient aussi de l'observation remarquable citée par Herbert-Mayo et consignée, en 1823, dans le *Journal de physiologie* de Magendie (3), observation dans laquelle une lésion du trijumeau gauche, chez l'homme, s'est accompagnée de l'immobilité de la pupille, des paupières et de l'œil correspondants, de l'inflammation de cet œil et de l'ulcération de la cornée.

Magendie (4), en 1824, eut l'occasion de faire des remarques analogues sur des lapins. Après la section intra-crânienne de la cinquième paire d'un côté, « le globe de l'œil, dit-il, semblait avoir perdu tous ses mouvements; l'iris était fortement contracté et immobile (*); enfin l'œil semblait un œil artificiel placé derrière des paupières privées de mouvement. Après vingt-quatre heures, ajoute cet expérimentateur, la cornée commence à devenir opaque; après soixante-douze heures,

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, 150.
(2) *Loc. cit.*
(3) Tome III, p. 356.
(4) Tome IV, p. 176 de son *Journal de physiologie expérimentale.*

(*) Au contraire, la pupille se dilate chez les chiens et les chats.

elle l'est beaucoup plus; l'opacité augmente, et cinq ou six jours après la section elle est de la blancheur de l'albâtre. Dès le deuxième jour, la conjonctive rougit, paraît s'enflammer, et sécrète une matière puriforme, lactescente, fort abondante; les paupières sont ou largement ouvertes et immobiles, ou bien elles sont collées par les matières puriformes qui sont desséchées entre leurs bords, et quand on vient à les écarter, il s'écoule une assez grande quantité de la matière dont je viens de parler. Vers le deuxième jour qui suit la section, on voit aussi l'iris devenir rouge, ses vaisseaux se développent, enfin l'organe s'enflamme. Il se forme à sa surface antérieure de fausses membranes qui ont, comme l'iris, la forme d'un disque percé à son centre. Vers le huitième jour, la cornée s'altère visiblement; elle se détache de la sclérotique par sa circonférence, et son centre s'ulcère. Au bout de deux ou trois jours, les humeurs de l'œil troubles et en partie opaques s'écoulent, et l'œil se réduit à un petit tubercule. »

J'ai répété bien des fois, dans mes cours de vivisections, l'expérience dont il s'agit sur des lapins, et généralement je suis arrivé à confirmer les assertions qui précèdent: toutefois le cristallin et l'humeur vitrée m'ont *toujours* paru avoir conservé une transparence parfaite, et l'*immobilité ainsi que la constriction de la pupille n'ont été que temporaires.*

La vue n'est jamais abolie que consécutivement à l'opacité de la cornée; car, avant cette altération, *prenant le soin de fermer l'œil sain*, dirige-t-on vers la lumière solaire l'œil dépourvu de sensibilité générale, aussitôt il y a clignement. La faculté visuelle y est pourtant affaiblie, puisque j'ai reconnu que souvent le clignement ne s'y effectuait point par l'impression d'une lumière, d'ailleurs suffisante pour exciter ce mouvement dans l'œil intact. Mais je m'explique ce fait par la constriction extrême de l'ouverture pupillaire, qui ne laisse plus passer qu'un trop petit nombre de rayons lumineux pour produire une sensation assez vive: le lendemain de l'opération, la pupille s'est, à la vérité, élargie, mais déjà une teinte opaline s'est répandue sur la cornée, et alors l'affaiblissement de la vue persiste en vertu d'une autre cause qui, augmentant en intensité, viendra bientôt frapper ce sens d'une inertie absolue.

Un fait signalé, mais non expliqué par Magendie (1), et dont nous avons encore vérifié l'exactitude, c'est que les altérations de nutrition de l'œil, apparentes quand on a coupé le trijumeau dans la fosse temporale et au niveau du ganglion semi-lunaire, se manifestent moins quand on a pratiqué la section de ce nerf avant son passage sur le rocher et près de son origine: ajoutons que tantôt, chez l'homme, dans un certain nombre d'observations de lésions de la même paire nerveuse, la perte ou la perversion de la sensibilité générale de l'œil est seule survenue, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion; et que tantôt, au contraire, ce dernier trouble s'est montré de la manière la plus intense. — Nous avons supposé que les effets observés, dans la première expérience, pouvaient dépendre à la fois de la lésion du ganglion semi-lunaire, et de celle du grand sympathique, qui, à ce niveau, offre avec ce ganglion et avec la branche ophthalmique des connexions nombreuses. Cette dernière opinion, en ce qui regarde le grand sympathique, nous paraît encore d'autant plus probable, que [comme l'avaient déjà vu Petit (2) et Molinelli (3)], en coupant sur des chiens la portion cervicale du grand sympa-

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 303.
(2) *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1707.
(3) *Comment. Instit. Bonon.* t. III, 1755.

thique d'un côté, nous avons aussi observé des troubles nutritifs dans l'œil correspondant, *ainsi que la constriction de la pupille*. Or, d'après les recherches de Chaussier et de Ribes (1), le rameau carotidien du ganglion cervical supérieur, après s'être anastomosé avec le ganglion semi-lunaire et la branche ophthalmique, envoie des filets nerveux qui, accompagnant les artères ciliaires et l'artère centrale de la rétine, pénètrent dans l'intérieur du globe oculaire ; Langenbeck (2) a même suivi quelques-uns de ces filets jusque sur les divisions artérielles les plus volumineuses destinées à la rétine : on comprendrait donc qu'en effet, le grand sympathique pût avoir, par l'entremise de ces vaisseaux, de l'influence sur les actes nutritifs et sécrétoires de l'organe de la vue.

Quant à l'influence analogue que nous avions cru pouvoir attribuer au ganglion semi-lunaire, elle ne nous semble plus admissible. Car si, d'une part, on peut citer des observations pathologiques où de profondes altérations de nutrition ont eu lieu soit dans l'œil, soit dans les autres appareils de sens spéciaux, quand le ganglion semi-lunaire était lui-même désorganisé ; on ne saurait, d'autre part, se refuser à admettre qu'il existe aussi des cas dans lesquels le globe de l'œil, en particulier, était altéré profondément par suite d'une affection organique du trijumeau à laquelle le ganglion ne participait aucunement (3) ; qu'enfin même ce ganglion étant malade, l'œil a pu demeurer sain (4). Rappelons encore que de récentes expériences (Waller) tendent à établir que la nutrition du trijumeau lui-même est bien sous la dépendance du ganglion semi-lunaire, mais que ce ganglion n'influence pas directement la nutrition des organes ou des parties qui reçoivent des filets du trijumeau.

D'après Schiff (5), qui admet dans ce nerf des filets *vaso-moteurs* provenant de la moelle allongée, les altérations de l'œil consécutives à la section du trijumeau dépendent surtout de la dilatation paralytique des vaisseaux sanguins de la conjonctive et des autres parties de l'œil. Le même expérimentateur les a vues survenir après avoir réuni les paupières par des points de suture, ou les avoir rapprochées et recouvertes à l'aide d'un emplâtre agglutinatif, dans le but de prévenir la des-

fait Schiff, de les recouvrir, ainsi que l'œil, avec l'oreille correspondante demeurée sensible : or, dans ces conditions, et après six, huit et dix jours, les altérations de l'œil, ou du moins celles de la cornée, ne s'étaient point encore manifestées; preuve, dit Snellen, que l'affection de la cornée, notamment, est l'effet d'une cause extérieure et traumatique.

Depuis les précédentes expériences, Schiff (1) (dans le but de vérifier si en effet c'est le frottement de l'œil contre les objets extérieurs qui produit l'opacité de la cornée) a pratiqué, de chaque côté, la section intra-crânienne des trijumeaux chez un jeune lapin. Cet animal étant mort le cinquième jour, la cornée de l'œil fermé par suture et protégé par l'oreille sensible, fut trouvée saine; tandis que la cornée de l'œil dont les paupières insensibles avaient été seules cousues l'une à l'autre, présenta une notable opacité. Mais Schiff n'admet point qu'à l'aide du procédé de Snellen on puisse éviter l'hypérémie de l'œil comme on évite l'opacité et l'ulcération de la cornée; car cette hypérémie, pourtant moindre qu'avec le procédé ordinaire, résulte nécessairement, suivant lui, de la dilatation paralytique des vaisseaux sanguins consécutive à la section des filets nerveux *vaso-moteurs*, annexés à la cinquième paire.

En terminant ce qui se rapporte aux désordres observés dans la nutrition du globe de l'œil après la suppression d'action de cette paire nerveuse, nous croyons devoir rappeler que la sécrétion des larmes nous a paru être seulement *diminuée*, mais non supprimée, après la section intra-crânienne de la cinquième paire chez les lapins. Cette diminution de la sécrétion lacrymale n'est pourtant pas une cause qui puisse déterminer l'opacité de la cornée, puisque l'excision complète des glandes lacrymales ne donne point lieu à cette altération (2). On ne doit pas davantage faire dépendre l'opacité de la cornée de l'absence du clignement et du contact prolongé de l'air sur l'œil. En effet, sur des chiens, en rendant impossible le rapprochement des paupières, par la section du nerf facial, je n'ai vu que bien rarement la cornée devenir opaque (*). Dans trois de mes expériences, cet effet ne s'était même pas encore produit trois semaines après l'ablation des paupières, malgré une ophthalmie consécutive des plus intenses.

2° *Organe de l'odorat.* — Je crois avoir suffisamment combattu, en parlant des usages du nerf olfactif, l'opinion qui considère le trijumeau comme destiné à transmettre les impressions olfactives. Toutefois, le concours de ce dernier nerf semble être utile à l'odorat, 1° pour entretenir dans la membrane pituitaire l'état d'intégrité organique nécessaire au maintien de la sensibilité olfactive; 2° pour influencer la sécrétion des mucosités nasales. Or, d'une part, ces mucosités jouent un rôle important dans l'olfaction, puisque, si la membrane pituitaire se dessèche sous une influence morbide, sa sensibilité spéciale est émoussée ou momentanément abolie, et que la même chose a lieu quand un coryza a modifié la sécrétion nasale dans sa quantité et dans ses qualités chimiques, au lieu de la suspendre; d'autre part, après la section ou la lésion morbide de la cinquième paire, la muqueuse nasale s'injecte fortement, devient comme fongueuse, saignante au moindre attouchement, et se trouve, en un mot, dans des conditions tout à fait

(1) CANSTATT'S *Jahresbericht für*, etc., 1857, t. I, p. 121.

(2) MAGENDIE, *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 179. — DAVIEL, *Journal analytique de méd.*, févr. 1829. — MASLIEURAT-LAGÉMARD, *Archiv. gén. de méd.*, janvier 1840.

(*) CH. BELL a néanmoins observé, chez l'homme, des altérations graves de l'œil, après la paralysie du nerf facial. (*Exposé du système naturel des nerfs*, trad. de Genest, p. 89.)

pathologiques. Dès lors, il devient donc facile de comprendre que, par suite des altérations de la membrane olfactive et de son mucus, altérations déterminées par la suppression de l'influence du trijumeau, l'odorat soit aboli sans que pour cela on doive en conclure que ce nerf est impressionnable aux odeurs. Cependant, de même que, chez l'homme, on a observé des lésions de la cinquième paire sans trouble de la vision, de même aussi ces lésions n'entraînent pas toujours, avec la perte de la sensibilité générale, celle de l'odorat, et ne modifient pas toujours, d'une manière profonde, la vitalité de la muqueuse nasale.

On pourrait objecter que les altérations de la pituitaire et du mucus nasal ne sauraient succéder assez immédiatement à la section du trijumeau, pour abolir instantanément la faculté olfactive; et pourtant l'abolition de cette faculté serait immédiate, selon Magendie : car, dit-il, des chiens et des lapins n'ont plus été impressionnés par l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., aussitôt qu'il leur eut coupé la cinquième paire. Je répondrai à cette objection que l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., agissent, dans ces expériences, à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire, comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale, comme substances odorantes; qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier *d'abord* en rien leur action sur la seconde : or, qui vous dit qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables chez les animaux, pour donner lieu à des signes de répugnance ou de douleur? Parce que ces signes manqueront, serez-vous en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime *instantanément* avec l'influence de la cinquième paire; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale. — Nous avons dit, plus haut, ce qu'il fallait penser de la prétendue persistance de l'odorat, après la complète destruction des nerfs olfactifs.

3° *Organe de l'ouïe.* — Du côté où l'on a pratiqué la section du trijumeau, il n'existe plus, à l'intérieur du conduit auditif externe, aucune trace de sensibilité; tandis que le pavillon de l'oreille conserve, en partie, la sienne qu'il doit encore à la présence du rameau auriculaire du plexus cervical. Le même rameau (*auriculo-temporal*) de la cinquième paire, qui préside à la sensibilité du conduit auditif et d'une partie du pavillon, enverrait, selon Arnold, des filets dans l'intérieur de l'oreille moyenne; mais, ne les ayant jamais vus, je suppose plutôt que la muqueuse qui tapisse ses parois, au moins l'interne, est sensible à cause du rameau tympanique du glosso-pharyngien. Quant à l'oreille interne, Arnold (1) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique ou de la cinquième paire et croisant le renflement gangliforme du coude du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique, et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe : ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann, et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine.

Des produits sécrétés plus ou moins importants se rencontrent dans chacune des grandes divisions de l'appareil auditif : le *cérumen*, dans l'oreille externe; le *mucus tympanique*, dans l'oreille moyenne; la *périlymphe*, l'*endolymphe*, les

(1) *Mémoire sur le ganglion otique* (*Répert. gén. d'anat. et de physiol.*, 1829, t. VIII, p. 1).

otolithes, l'*otoconie* (Breschet) (1), dans l'oreille interne : l'endolymphe et la périlymphe semblent surtout être indispensables à l'audition. Les nerfs qui paraissent tenir sous leur dépendance ces diverses sécrétions sont le trijumeau, pour le cérumen, et le glosso-pharyngien, pour le mucus de la caisse : ce qu'on observe dans les trois autres organes de sens spéciaux tend à faire supposer que la cinquième paire pourrait bien avoir de l'influence sur la sécrétion des liquides et des concrétions labyrinthiques. Dès lors on pourrait soupçonner que la section ou la lésion pathologique de cette même paire dût compromettre l'audition; et, en effet, dans ces cas, on a prétendu que, comme la vue, l'odorat et le goût, l'ouïe était aussi détruite.

Dans un premier mémoire, Magendie (2) s'énonce en ces termes : « Je crois avoir remarqué que la section de la cinquième paire entraîne aussi la perte de l'ouïe. » Dans un second mémoire (3), son langage devient plus affirmatif : « Une des conséquences les plus inattendues de cette expérience, est sans doute la perte de la vue, de l'odorat et de l'*ouïe*, qui suit *immédiatement* la section de la cinquième paire. »

Nous avons déjà démontré que cette *perte immédiate* de la vue et de l'odorat est une supposition toute gratuite : quant à l'assertion relative à l'ouïe, nous sommes suffisamment éclairés sur sa valeur, puisque Magendie lui-même (4) avoue naïvement que « les effets sur l'ouïe sont d'autant plus marqués, que le nerf acoustique est *le plus souvent* coupé avec le nerf trijumeau ». Aucun physiologiste, que je sache, n'a révoqué en doute, après la section des nerfs acoustiques, la perte immédiate de l'audition.

Plusieurs fois j'ai coupé les deux trijumeaux sur des lapins, en étant assez heureux (comme l'autopsie le prouvait) pour ne pas léser les nerfs acoustiques; et néanmoins mes expériences n'ont avancé en rien la solution du problème, par la raison que ces animaux, avant comme après l'opération, sont presque toujours demeurés impassibles au milieu des détonations répétées d'une arme à feu.

La pathologie n'établit pas mieux la validité de l'opinion précédente (5).

De même que la vue n'est jamais abolie *immédiatement* après la section de la cinquième paire, mais consécutivement aux altérations qui surviennent dans l'œil, de même nous pensons que la *perte immédiate* de l'ouïe ne saurait être la conséquence d'une pareille section : cependant, par analogie, nous pressentons cette perte fâcheuse arrivant d'une manière progressive et par suite de troubles dans les actes nutritifs et sécrétoires de l'appareil auditif, tout en avouant que jusqu'à présent il ne s'agit ici que d'une simple présomption.

J. Müller (6) repousse la plupart des assertions émises par Magendie, relativement à l'influence de la cinquième paire, dans les termes suivants : « Magendie dit avoir observé la cessation de presque toutes les fonctions sensoriales après la section du tronc du nerf trijumeau dans le crâne... (*Plus bas.*) Suivant moi, le nerf trijumeau n'exerce absolument aucune influence *ni sur la vue, ni sur l'audition, ni sur l'olfaction.* »

Les détails dans lesquels nous sommes déjà entré relativement à l'action de la

(1) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe.*
(2) *Journal de physiol. expérim.*, t. IV, p. 182.
(3) *Ibid.*, p. 305.
(4) Page 303, *Deuxième mémoire.*
(5) Consultez, dans notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, les faits pathologiques relatifs au trijumeau (Paris, 1842, t. II, p. 169, 191 et suiv.).
(6) *Physiologie du système nerveux.* Paris, 1840, t. I, p. 302 et 303, trad. de Jourdan.

cinquième paire sur la vue, l'odorat et l'ouïe, ceux auxquels nous renvoyons le lecteur et qu'il trouvera dans le chapitre qui traite des faits pathologiques (*ouvr. cit.*), nous permettent de conclure que ces deux physiologistes ont été beaucoup trop loin dans leurs assertions : l'un, en exagérant l'action du trijumeau sur les sens indiqués ; l'autre, en la niant d'une manière absolue.

4° *Organe du goût.* — Pour déterminer le rôle du trijumeau dans la gustation, il importe d'abord de connaître d'une manière exacte le siége du goût. Les anciens physiologistes pensaient que tous les points de la muqueuse buccale étaient aptes à reconnaître les saveurs : mais des recherches récentes, entreprises par Vernière (1), par Guyot et Admyrauld (2), ont beaucoup limité le champ des surfaces gustatives. En portant, sur les diverses parties de la bouche, une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine et pénétrée de la substance savoureuse, Vernière a cru reconnaître que les lèvres, les joues, les gencives, la voûte palatine, le milieu et le dos de la langue sont complétement dépourvus de la sensibilité gustative ; qu'au contraire, les points sensibles aux saveurs sont les côtés, la pointe, la face inférieure et la base de la langue, le voile du palais avec ses piliers ; enfin le pharynx lui-même dans une partie de son étendue. Plus tard, Guyot et Admyrauld ont, dans des expériences ingénieusement combinées, isolé, des parties environnantes, l'extrémité antérieure de la langue, en l'engageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli ; ils ont ensuite appliqué aux lèvres, à la partie interne des joues, aux gencives, à la voûte palatine, diverses substances sapides, et, comme dans les expériences de Vernière, aucune saveur n'a été perçue. Mais ces physiologistes n'accordent la sensibilité gustative qu'à une portion du voile palatin, et la refusent à la face inférieure de la langue, au pharynx et aux piliers du voile du palais. — Ayant répété les expériences de Vernière sur moi-même et sur d'autres personnes, je suis arrivé à peu près aux résultats indiqués par cet auteur : seulement les saveurs, qui n'ont jamais été senties par la muqueuse qui revêt les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue, ont impressionné celle qui recouvre sa face supérieure et moyenne ; mais la sensation a été plus tardive qu'en

mouvements brusques de mastication, comme si l'animal cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable) ne se sont manifestés que quand cette substance a été mise en contact avec la langue ou le pharynx. La difficulté, en expérimentant sur le palais, les gencives, les joues et les lèvres, consiste à fixer la langue. Quant aux mâchoires, on les maintient facilement écartées à l'aide d'un morceau de bois ou de liége arc-bouté entre les dents.

Les résultats des expériences que nous venons de passer en revue s'accordent donc pour prouver que la sensibilité gustative se rencontre exclusivement dans les points où le lingual et le glosso-pharyngien distribuent leurs filets (1). En effet, on verra que c'est par son seul rameau lingual que le trijumeau transmet les impressions sapides, et qu'il partage cette importante fonction avec le nerf glosso-pharyngien.

Rappelons d'abord que le pincement et la section du *lingual* déterminent toujours, chez les animaux, une vive douleur; qu'après cette section, en appliquant les deux pôles d'une pile au bout périphérique de ce nerf, on ne produit pas le moindre mouvement de la langue; tandis qu'en agissant de la même manière sur l'hypoglosse, les contractions les plus manifestes éclatent dans cet organe. Quand les deux nerfs linguaux sont divisés, on peut cautériser avec le fer rouge ou la potasse caustique toute la muqueuse qui revêt les *deux tiers antérieurs de la langue*, sans que l'animal témoigne la plus légère souffrance : toutefois, en transperçant cette partie de l'organe avec une tige métallique chauffée à blanc, ou encore en la tenaillant avec force, les animaux m'ont toujours paru éprouver une légère sensation de douleur, que je crois devoir rapporter aux filets de sensibilité musculaire envoyés par l'hypoglosse aux muscles de la langue, filets que lui-même tire de ses anastomoses avec le plexus cervical.

Avec la sensibilité tactile, les deux tiers antérieurs de la langue ont perdu la faculté de reconnaître les saveurs les plus fortes, tandis que cette faculté et le tact persistent en arrière, vers la base, ainsi que dans les piliers du voile du palais et dans le pharynx, c'est-à-dire dans des points où se distribue le nerf glosso-pharyngien. Dès 1823, cette distinction est bien établie par une observation que rapporte Herbert-Mayo (2). Dans ce cas, les fonctions du trijumeau gauche sont suspendues, et l'on constate que « la langue du côté gauche a perdu *en avant* la faculté de goûter et celle de sentir... pendant que la surface gauche *de sa base* est sensible au toucher et aux saveurs... Une sonde, appliquée du même côté, détermine des nausées et des efforts de vomir. »

Cette observation et les expériences précédentes, unies à d'autres observations et à d'autres expériences que je signalerai en parlant du glosso-pharyngien, démontrent qu'il n'y a point de nerf spécial et unique de la gustation; que le glosso-pharyngien et le rameau lingual y contribuent, chacun pour sa part; que l'un complète l'autre, aussi bien pour la sensibilité générale que pour la sensibilité gustative de la langue.

(1) DEBROU (*Thèse inaug.*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui iraient à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de supposer que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui, certainement, n'existe point d'une manière appréciable chez tous les individus.

(2) *Anatomical and Physiological Commentaries*, etc. London, 1823.—Extrait dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 356.

Tous les physiologistes ne partagent point cette opinion. Selon Panizza (1) « le résultat immédiat de la division des glosso-pharyngiens est la *perte absolue du goût*, sans lésion ni de la sensibilité tactile, ni des mouvements de la langue ; et l'excision du nerf lingual, de chaque côté, ne fait disparaître que la *sensibilité tactile* dans *tout* cet organe. » — En étudiant les usages du glosso-pharyngien, nous prouverons, par des expériences, que les assertions du professeur de Pavie ne sont pas fondées. Pour le moment, tout en rappelant les effets que nous avons obtenus plus haut après la section du nerf lingual, nous nous contenterons de faire observer, d'une part, que, si le glosso-pharyngien était le nerf exclusif du goût, comme l'assure Panizza, on ne concevrait point l'existence de la faculté gustative dans les deux tiers antérieurs de la langue, qui n'en reçoivent pas le moindre filet; que, d'autre part, le lingual fût-il exclusivement un nerf de sensibilité générale, on ne s'expliquerait pas néanmoins qu'en le coupant, on rendît la langue insensible dans toute son étendue, puisque la distribution du lingual est complétement étrangère à la base de cet organe.

Préoccupé de l'idée que le nerf de la cinquième paire étend son influence sur tous les organes des sens spéciaux, Magendie avance, en 1839 (2), « qu'il n'y a, en définitive, que la section de la cinquième paire qui abolisse la sensibilité tactile et gustative de la langue (page 294) ; que, pour abolir *entièrement* le goût, il faut couper le tronc même de la cinquième paire dans le crâne. C'est, dit-il, ce que j'ai eu plusieurs fois l'occasion de faire, et *toujours* je me suis assuré que la section du tronc même de la cinquième paire abolit *complétement et partout* la propriété de reconnaître les saveurs les plus âcres et les plus caustiques (page 289). » — Mais cet auteur oublie ses assertions de 1824 (3) : « Après la section intra-crânienne de la cinquième paire, la langue, disait-il alors, est insensible du côté où ce nerf est coupé, et des deux, si les nerfs le sont à droite et à gauche. Les corps sapides n'ont aucune action apparente sur la partie antérieure de l'organe ; *mais ils ont une action évidente sur le centre et la base.* »

Il reste à savoir de quelle manière Magendie, qui refuse au glosso-pha-

la sensibilité de ces parties, et que le glosso-pharyngien ou d'autres nerfs partagent les mêmes propriétés sensitives ? Non, et en voici la raison... On doit se demander s'il n'y a pas là (*base de la langue* et *voile du palais*) quelques filets provenant des branches intactes de la cinquième paire qui apportent cette sensibilité. Et, en effet, nous trouvons les filets du ganglion sphéno-palatin, *et en particulier le nerf naso-palatin de Scarpa.* »

Qui a jamais vu des filets du ganglion sphéno-palatin allant à la base de la langue, et quelle direction Magendie fait-il donc prendre au nerf naso-palatin de Scarpa, pour le mener dans la base de la langue ou dans le voile du palais ? — C'en est assez pour empêcher d'admettre des assertions physiologiques qui, si elles se contredisent, se fondent en outre sur les erreurs anatomiques les plus évidentes.

De ce qui précède, il résulte que Panizza a accordé au glosso-pharyngien une part beaucoup trop grande dans la gustation, et que Magendie, en refusant à ce nerf toute influence sensoriale, a admis une action exagérée de la cinquième paire sur le goût comme sur tous les autres sens spéciaux.

Si le rameau lingual, le nerf glosso-pharyngien et la muqueuse de la langue, etc., sont essentiels pour la transmission des impressions sapides, d'autres parties se montrent les auxiliaires de la gustation : ce sont principalement toutes celles qui humectent la langue et la bouche, comme les follicules ou cryptes muqueux variés de ces parties, les papilles fongiformes de la base de la langue, les tonsilles et surtout les glandes salivaires. On sait, en effet, que les corps solides ne produisent aucune impression sapide dans l'état de sécheresse de la langue et de la bouche, et que le goût se perd ou s'altère par les changements qu'éprouvent les agents de ces diverses sécrétions. Or, par quels nerfs ces sécrétions sont-elles influencées ? A en juger par la salivation abondante qui accompagne les névralgies maxillaires, la cinquième paire semble agir sur les organes qui sécrètent la salive ; il est probable qu'elle agit également sur les glandules des joues, des lèvres, du voile du palais, etc., et que le glosso-pharyngien a aussi quelque action sur la sécrétion des tonsilles, sur celle de ces nombreux follicules qui font partie de la membrane tégumentaire de la base de la langue, etc. Cependant je ferai observer que de nombreux filets du ganglion cervical supérieur, enlaçant certaines divisions de l'artère carotide externe (artères faciale, linguale, temporale, maxillaire interne, etc.), pénètrent dans l'épaisseur de toutes les glandes salivaires (*), et que quelques-uns semblent même aboutir à la plupart des muqueuses céphaliques et à celle du pharynx si richement pourvue de glandules mucipares. Une semblable répartition du ganglion cervical supérieur autorise donc à supposer que le grand sympathique ne doit pas être non plus sans influence sur les sécrétions nécessaires au complet exercice de la faculté gustative. Voici quelques faits qui me confirment dans cette opinion : un lapin sur lequel j'avais pratiqué avec le plus grand succès la section intra-crânienne du nerf trijumeau gauche survécut à cette opération pendant quatre semaines (**) ; à l'autopsie, j'examinai comparativement et avec soin les glandes salivaires, et je ne constatai

(*) Des filets appartenant au rameau carotidien du ganglion cervical supérieur parviennent, en accompagnant les artères lacrymales, jusqu'aux glandes du même nom, comme l'ont démontré les recherches de Chaussier et de Ribes ; aussi avons-nous déjà dit que nous n'avions pas vu la sécrétion des larmes se suspendre entièrement, après la section intra-crânienne des nerfs trijumeaux.

(**) Par négligence, la personne à laquelle je l'avais confié le laissa mourir de faim.

aucune atrophie, aucune diminution de volume dans celles du côté gauche. Sur plusieurs chiens auxquels j'avais *reséqué* les deux nerfs linguaux au-dessus et en arrière des glandes sous-maxillaires, j'ai vu encore, après la guérison, la salive s'écouler abondamment, *au-dessous de la langue*, dans l'intérieur de la bouche. Assurément, un pareil phénomène ne se serait pas produit, si la cinquième paire présidait seule à la sécrétion de la salive : l'examen des parties, après la mort, a d'ailleurs prouvé que les bouts des nerfs n'étaient point réunis. Il nous semble donc permis de croire ici à une action directe du grand sympathique au moins sur les vaisseaux sanguins.

Valentin (1) dit qu'en irritant le trijumeau dans le crâne, il a excité des contractions dans la portion supérieure de l'intestin grêle (*duodenum* et *jejunum*). Schiff (2), quelques jours après la section intra-crânienne de ce tronc nerveux sur des lapins et des cabiais, a constamment observé une *hypérémie villeuse* limitée à cette partie du tube digestif; et Henle (3) est porté à croire, d'après les résultats obtenus par ces deux expérimentateurs, que quelques filets intestinaux du grand sympathique parviennent à l'encéphale en s'associant aux filets radiculaires de la cinquième paire (4).

Nerf glosso-pharyngien.

I. Dès son origine, ce nerf est-il mixte ou purement sensitif? Telle est la question qu'il importe d'examiner d'abord : pour la résoudre, il faut invoquer à la fois l'anatomie et les expériences.

On se rappelle que tous les nerfs qui naissent dans le sillon collatéral postérieur de la moelle (*) sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, l'origine du glosso-pharyngien s'observe au bulbe, sur le prolongement de ce même sillon : de plus, ce nerf est pourvu d'un ganglion (*ganglion d'Andersh*) comme les racines spinales postérieures, et enfin sa distribution *terminale* rappelle un nerf de sentiment. Les données anatomiques et l'induction tendent donc à le faire considérer comme tel.

Il en est de même des résultats de l'expérimentation. C'est en vain qu'après l'ablation des lobes cérébraux, sur le cheval et sur le chien, j'ai galvanisé, dans le but de provoquer des mouvements du *pharynx*, etc., le nerf glosso-pharyngien avant son entrée dans le trou déchiré postérieur; aucune contraction de cet organe ou des muscles qui l'avoisinent n'a été vue ni par moi, ni par les personnes dont j'étais assisté (**). Les expériences de Valentin (5), celles de Biffi et de Morganti (6) confirment les miennes.

Ces résultats négatifs doivent être rapprochés de ceux qu'on obtient en appli-

(1) *Loc. cit.*

(2) Note communiquée par l'auteur.

(3) *Handbuch der rationellen Pathologie*, t. I, p. 183.

(4) Le lecteur trouvera, dans l'exposé des faits pathologiques relatifs au nerf trijumeau, un complément utile à toutes les notions physiologiques qui précèdent. (Dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, Paris, 1842, t. I, p. 191 et suiv.)

(*) Racines spinales postérieures.

(**) Pour éviter les effets de l'*action réflexe*, il faut toujours séparer *d'abord* le glosso-pharyngien du bulbe.

(5) *Lehrbuch der Physiol.* Braunschweig, 1844, t. II, p. 679.

(6) *Sui nervi della lingua ricerche anat. fisiol.* (estratte degli *Annali universali di medicina*, vol. CXIX, Milano, agosto-settembre 1846).

quant l'électricité aux racines postérieures, au nerf lingual ou autres divisions de la portion ganglionnaire du trijumeau, et il est évident qu'on doit leur accorder la même signification.

Cependant J. Müller (1), imité par Wolkmann (2) Hein (3) et beaucoup d'autres physiologistes, enseigne que le nerf qui nous occupe est *mixte* ou sensitivo-moteur dès son origine, et il fonde surtout son opinion sur des arguments anatomiques desquels il nous faut apprécier la valeur. « D'après les observations que j'ai citées précédemment, dit J. Muller, par rapport à un ganglion produit, au-dessus du ganglion pétreux, par une partie des filets radiculaires du nerf glosso-pharyngien, ce nerf appartient à la classe des mixtes. J'ai fait voir que ses racines se comportent *exactement* comme celles du trijumeau, puisqu'il y en a une partie qui se renfle pour produire le ganglion supérieur, tandis que le reste passe au-devant du ganglion (page 107). Les filets radiculaires du glosso-pharyngien, *les uns avec ganglion, les autres sans ganglion*, se comportent comme les racines du nerf trijumeau, et le glosso-pharyngien lui-même est, ainsi que ce dernier, mixte à l'instar des nerfs rachidiens (page 30). »

Pour se comporter *exactement* comme les deux espèces de racines du trijumeau ou des nerfs rachidiens, il faudrait, d'après les principes de Ch. Bell adoptés par J. Müller (4), que celles du glosso-pharyngien eussent des origines distinctes en rapport avec leurs attributions motrice et sensitive; or, de l'aveu même du professeur de Berlin, les filets radiculaires qui convergent vers ce qu'il nomme son *ganglion jugulaire supérieur* « ne paraissent point avoir une origine différente de celle des autres filets radiculaires du glosso-pharyngien ». D'ailleurs il ne faut point perdre de vue que ce nerf ne préside pas seulement, comme les racines spinales postérieures, à la sensibilité générale, mais qu'il exerce encore une influence importante sur le sens du goût : répugnerait-il donc d'admettre que la disposition signalée par J. Müller pourrait bien dépendre de la double mission confiée au glosso-pharyngien ? — Pour moi, je serais porté à croire, par analogie, que *sa portion ganglionnaire préside à la sensibilité générale*, et l'autre à la sensibilité gustative.

Ce physiologiste pense confirmer ses premières assertions en rappelant l'expérience de Herbert-Mayo (5), qui, en pinçant au cou le nerf glosso-pharyngien d'un âne récemment mort, observa « des contractions bornées au muscle stylo-pharyngien et aux fibres musculaires de la partie supérieure du pharynx ». J. Müller rapporte une expérience analogue faite sur un lapin, à l'aide du galvanisme ; et, comme il la cite à l'appui de la précédente, il est permis de penser qu'il a également agi au niveau du cou, c'est-à-dire dans un point où réellement le glosso-pharyngien est devenu *mixte* par l'adjonction de filets empruntés au facial ou au spinal. De semblables résultats, pas plus que le fait anatomique signalé par J. Müller, ne sauraient donc rien prouver en faveur de l'opinion qui considère le glosso-pharyngien comme sensitivo-moteur *dès son origine*.

Du reste, nous avons pu reproduire avec succès ces derniers résultats sur le cheval et sur le chien : mais il n'y a rien là qui puisse nous surprendre ou ébranler nos convictions, puisque, encore une fois, le nerf sur lequel on agit s'est

(1) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 30, 107 et 319.
(2) WAGNER'S *Handwörterbuch*, t. II, p. 583.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1844.
(4) *Physiol.*, etc., p. 85.
(5) *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 355 (extrait de *Anatomical and physiological Commentaries*, London, 1823).

déjà anastomosé, au-dessous de son ganglion pétreux, avec un ou plusieurs ner de mouvement.

John Reid (1), Biffi et Morganti (2) regardant, à l'exemple de Panizza (3), l glosso-pharyngien comme exclusivement sensitif dans toute sa longueur, font dé pendre les contractions du pharynx qui succèdent à l'irritation de ce nerf au cou non d'une influence motrice directe, mais de l'*action réflexe* de la moelle. C'e assurément bien à tort que ces contractions ont été niées par Panizza; car, quell que soit la cause à laquelle on les rapporte, leur existence ne saurait être contesté Il ne faudrait pas que le professeur de Pavie objectât que sans doute j'ai pris, l'exemple de quelques expérimentateurs, le rameau pharyngien du spinal pour l glosso-pharyngien : j'étais trop bien en garde contre une pareille erreur, pour n pas l'éviter. D'ailleurs, les contractions que j'ai observées dans le pharynx, aprè l'irritation mécanique ou galvanique du glosso-pharyngien, *au cou*, ont dépend directement des filets moteurs alors adjoints à ce nerf, et non du *pouvoir réflex* car, ces contractions pharyngiennes, je les ai reproduites en agissant sur le bou périphérique du glosso-pharyngien divisé.

Debrou (4) paraît porté à soutenir, avec J. Müller, l'opinion que le glosso-pha ryngien est mixte dès son origine, et il affirme avoir vu, sur des chiens, des mou vements du pharynx et du voile du palais, en galvanisant ce nerf dans le crâne mais Debrou avertit que « le plus souvent il a dû agir sur les trois nerfs du tro déchiré postérieur ». Or, l'un d'eux, le spinal, fournit précisément des filets mo teurs anastomotiques au glosso-pharyngien; ce n'est donc qu'en apparence qu ces résultats sont opposés aux nôtres.

Des recherches et de l'examen critique auxquels nous venons de nous livrer, résulte que, dans notre opinion, le glosso-pharyngien est exclusivement un ne de sensibilité depuis son origine jusqu'à son ganglion; mais qu'à partir de celui-c il exerce une influence motrice due à ses seules anastomoses avec des nerfs de mou vement.

II. Quant à la question de savoir si le nerf glosso-pharyngien est sensible av

Il importe de savoir que tous ces expérimentateurs ont opéré, comme Panizza, sur des chiens.

A moins qu'ils ne fussent déjà épuisés par une vive résistance opposée durant l'opération, les animaux de cette espèce m'ont toujours paru souffrir du pincement et de la section du nerf glosso-pharyngien.

III. Si l'on s'en rapportait aux assertions de Panizza, ce nerf n'aurait aucune influence sur la sensibilité générale, et sa section ne porterait atteinte qu'au goût. Mais, assurément, il n'en est point ainsi, et les impressions tactiles qui partent de la base de la langue ou des piliers du voile palatin ne sauraient avoir d'autre agent nerveux de transmission ; d'ailleurs, on a déjà vu combien est peu fondée l'opinion de Panizza, quand il avance que l'excision du nerf lingual fait disparaître la sensibilité tactile dans *toute* la langue.

Suivant les uns, après qu'on a reséqué les deux glosso-pharyngiens, il y aurait abolition entière du goût, et, selon les autres, ce sens n'aurait fait que perdre, en partie, son activité. « Le résultat immédiat de la division de ces nerfs, dit Panizza, est la *perte absolue du goût*, sans lésion ni de la sensibilité tactile, ni des mouvements de la langue... Un chien mangeait alors, indistinctement et avec la même avidité, de la viande pure et celle qu'on avait pétrie avec de la poudre de coloquinte. Il buvait également, et le lait pur, et celui auquel on avait mêlé une assez grande quantité de cette substance. Bien plus, ayant pilé et malaxé un morceau de viande dans une solution de coloquinte, et l'ayant présenté à l'animal, non-seulement il l'a mangé, mais encore il a bu tout le liquide qui était contenu dans le vase. » Valentin (1) dit avoir confirmé ces résultats par ses propres expériences.

Au contraire, Alcock (2) affirme que, « sur un chien, le goût ne parut pas beaucoup affecté par la section des glosso-pharyngiens, car l'animal fit des efforts pour vomir sous l'impression de la coloquinte ; néanmoins il manifestait moins de dégoût qu'auparavant ». Le même auteur conclut que, si les glosso-pharyngiens concourent à la perception des saveurs, ils n'en sont certainement pas les nerfs spéciaux et exclusifs. John Reid (3) croit avec Alcock, contrairement à Panizza, qu'après la résection de cette paire nerveuse, les animaux perçoivent encore la sensation des aliments amers. Toutefois Reid est loin de nier toute influence sur le goût. « La section des glosso-pharyngiens, disent Cazalis et Guyot (4), n'abolit point le sens du goût tout entier ; elle permet à certaines saveurs très mauvaises de passer inaperçues, tandis que d'autres, même beaucoup moins déplaisantes, sont très bien distinguées. » Magendie (5) va plus loin que tous ces auteurs, car il lui a semblé que « *l'animal sentait les saveurs tout aussi bien qu'avant cette section* » : à la vérité, l'opinion de ce physiologiste peut être avantageusement combattue, puisqu'il est très présumable, comme j'essayerai de le prouver plus bas, qu'il a divisé les rameaux pharyngiens du spinal (*), au lieu des glosso-pharyngiens.

Quoique j'aie pratiqué bien souvent la résection de ces derniers nerfs, j'avoue que cette opération est toujours, pour moi, très délicate et très difficile à exécuter

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*. Berne, 1839, p. 41.
(2) *The Dublin Journ.*, 1836, n° 29.
(3) *Mém. cit.* (*Edinb. Journ.*, t. XLIX, p. 128).
(4) *Mém. cit.* (*Arch. génér. de méd.*, février 1839, p. 258).
(5) *Fonct. et malad. du syst. nerv.*, 1839, t. II, p. 293.

(*) Nous verrons qu'on les nomme à tort *rameaux pharyngiens du pneumogastrique* : ce dernier ne leur fournit qu'un bien petit nombre de filets.

d'une manière convenable et complète. En effet, sans parler des embarras que suscite une abondante hémorrhagie, prend-on le nerf un peu trop bas, on laisse échapper un certain nombre de filets pharyngiens supérieurs ; le saisit-on un peu trop haut et en arrière, on compromet les filets moteurs anastomotiques du rameau pharyngien du spinal : de là, des demi-résultats ou des résultats en apparence contradictoires ; ou bien encore des complications qui, comme la gêne de la déglutition, par exemple, sont rapportées mal à propos à la lésion des glosso-pharyngiens.

Toutes les fois que j'ai pu réussir, j'ai vu les chiens, qui, avant l'expérience, donnaient les signes de dégoût les plus marqués, quand je déposais sur la base de leur langue quelques gouttes d'un décoctum concentré de coloquinte, ne plus manifester la moindre répugnance après la section des glosso-pharyngiens, lorsque je prenais la précaution de ne verser le liquide que dans l'arrière-bouche ; car trois ou quatre gouttes seulement étaient-elles mises en contact avec la pointe ou les bords de la langue, tout de suite l'animal grimaçait et exécutait des mouvements brusques de mastication, comme s'il cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable. Le nerf lingual était donc l'agent qui transmettait ces impressions sapides, et, par conséquent, le glosso-pharyngien n'est point le seul nerf gustatif. — Toutefois, comme chacun peut l'expérimenter sur soi-même, ce dernier nerf se montre toujours beaucoup plus sensible aux saveurs amères que le lingual.

Je mentionnerai ici quelques cas dans lesquels, après la résection des deux glosso-pharyngiens et des deux nerfs linguaux, il m'a semblé que des chiens, conservés vivants pendant quelques jours, appréciaient encore, bien légèrement à la vérité, l'amertume ou la saveur désagréable de certaines substances (*) :

Ces phénomènes m'ont paru exister le jour même de l'opération, et ne pas se prononcer d'une manière plus sensible les jours suivants. Avais-je laissé intacts quelques filets des glosso-pharyngiens ? Je suis porté à le croire, quoiqu'il m'ait été impossible de le reconnaître au fond d'une plaie, quelquefois cicatrisée, mais le plus souvent enflammée. Ou bien, ce peu de sensibilité gustative dépendrait-il de cette petite surface du voile du palais, qui, indiquée par Vernière (1), mais surtout bien circonscrite par Guyot et Admyrauld (2), est supposée emprunter aux

IV. Quant à la question de savoir si, en l'absence du concours des glosso-pharyngiens, la *sensation de la soif* peut éprouver quelques changements, elle sera examinée plus loin, à propos des fonctions de la huitième paire.

V. Sans rapporter aucune expérience qui lui soit propre, Ch. Bell (1) avance que le rôle du glosso-pharyngien consiste à associer les mouvements de la langue et du pharynx avec ceux de la respiration, dans les mouvements instinctifs *de la déglutition.* — Le chien auquel on a coupé les deux glosso-pharyngiens, selon Panizza (2), une fois remis de l'abattement qu'amène l'opération elle-même, mange et boit aussi bien que si on ne lui avait fait subir aucune blessure, et chez lui la mastication et la déglutition s'opèrent comme à l'état normal. John Reid (3) partage l'opinion de Panizza. Alcock (4) aurait vu, au contraire, la « déglutition devenir extrêmement difficile, quelquefois même impossible ». Enfin Cazalis et Guyot (5) ont aussi noté une grande gêne dans la déglutition.

« J'ai coupé, dit Magendie (6), les deux nerfs glosso-pharyngiens... Les mouvements de déglutition étaient plus difficiles, ce qui confirme l'opinion que *le glosso-pharyngien est un nerf moteur* (page 293)... *La déglutition était devenue entièrement impossible chez un autre, auquel avaient été coupés les nerfs glosso-pharyngien et hypoglosse de chaque côté* (page 295). »

Dans ces expériences, sont-ce réellement les glosso-pharyngiens qui ont été divisés ? Analysons.

Première expérience. « La sensibilité de la langue et du voile du palais n'a pas paru diminuée. Il a semblé que l'animal sentait la douleur et les saveurs tout aussi bien qu'avant cette section. » — *Deuxième expérience.* « L'animal a paru s'apercevoir à peine de l'opération. La sensibilité de la langue est *partout* conservée. » — *Troisième expérience.* La section des hypoglosses est ajoutée à celle des glosso-pharyngiens : « La langue n'a *rien* perdu de sa sensibilité spéciale et générale. »

Il n'y a que des filets de ces derniers nerfs dans la muqueuse qui revêt la base de la langue et les piliers du voile du palais ; là eux seuls peuvent, par conséquent, transmettre les impressions tactiles ou sapides, et néanmoins la sensibilité générale et spéciale de ces parties persisterait après la section des glosso-pharyngiens (*) ? Mais qu'on veuille bien se rappeler que, tout près et au-dessous de ces deux nerfs réellement sensitifs, on en trouve deux autres ayant le même volume, à peu près les mêmes rapports, surtout plus faciles à découvrir, et qu'on nomme *rameaux pharyngiens :* ces rameaux, qui appartiennent principalement au spinal (**), influencent la contraction des muscles constricteurs du pharynx, et sont en effet étrangers à la sensibilité de la base de la langue et des piliers du voile du palais ; leur lésion apporte, au contraire, de la gêne dans la déglutition. Or, comment se refuser

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Mém. cit.*
(3) *Mém. cit.* (*Edinburgh Journ.*, 1838, t. XLIX, p. 126).
(4) *Mém.* et *Recueil cit.*
(5) *Mém. cit.* (*Arch. génér. de méd.*, 3e série, 1839, t. IV, p. 258).
(6) *Fonct. et malad. du syst. nerv.*, t. II, p. 293 et suiv.

(*) Quelques filaments de terminaison du rameau laryngé interne parviennent jusque dans les replis glosso-épiglottiques et les intervalles qui les séparent : on verra plus loin quels sont leurs véritables usages.

(**) Nous aurons occasion d'en parler de nouveau, en nous occupant de la *branche interne* du nerf spinal anastomosée avec le pneumogastrique.

à croire que ces rameaux ont été pris pour les glosso-pharyngiens, quand, dans les expériences précédentes, il n'est fait mention que de gêne d'avaler, et nullement de sensibilité compromise ? — Mes expériences comparatives sur les glosso-pharyngiens et les rameaux pharyngiens du spinal ne me laissent aucun doute à cet égard. Après la section des premiers, je n'ai jamais vu de troubles appréciables dans la déglutition, une fois la plaie cicatrisée.

Dès que le bol alimentaire a les qualités convenables pour être dégluti, chacun sait tout ce qu'a de fatigant et de pénible la résistance qu'on oppose à la force qui nous porte à avaler. Une sensibilité spéciale, siégeant au fond de la bouche, a été invoquée comme propre à nous pousser à l'accomplissement de cet acte. Mais ici l'intervention des glosso-pharyngiens est loin d'être indispensable, puisque, après leur section, nous n'avons observé, sur des chiens conservés vivants durant plusieurs jours, aucun retard dans la déglutition des aliments, et que le penchant à avaler est resté le même, au moins en apparence : il y a donc intervention d'autres nerfs sensitifs que nous allons bientôt faire connaître en étudiant les fonctions du pneumogastrique.

Nerf pneumogastrique.

Si aucun nerf de l'économie n'a été le sujet d'autant d'expériences que le pneumogastrique, assurément aussi il n'en est aucun dont l'étude ait donné lieu à des interprétations plus diverses et souvent plus contradictoires.

Une question capitale, et dominant l'histoire physiologique de ce nerf, est celle de savoir si, *dès son origine*, il est mixte ou s'il est *purement sensitif*. Avec plusieurs physiologistes recommandables (*), j'ai toujours professé cette dernière opinion qu'aujourd'hui encore je ne crois pas devoir abandonner, malgré la vive opposition qu'on lui a faite (**). J'essayerai, au contraire, de la défendre à l'aide d'arguments nouveaux, puisés soit dans mes propres recherches, soit dans celles d'autres expérimentateurs, tout en signalant la vraie origine des fibres nerveuses

tager aux physiologistes mes convictions sur ce dernier point de la science, convictions basées sur des observations et des expériences que je crois également rigoureuses !

A. — *Du pneumogastrique proprement dit, considéré comme nerf exclusivement sensitif.* — C'est une vérité généralement admise, que toutes les racines des nerfs spinaux, qui s'aperçoivent au niveau du sillon collatéral postérieur de la moelle sont seulement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, les filets originels du pneumogastrique se trouvent précisément sur la même ligne que ces racines, et semblent émerger du faisceau postérieur du bulbe rachidien; de plus, ce nerf est pourvu d'un ganglion (*ganglion d'Ehrenritter*) (*), comme chacune des racines spinales postérieures.

Sur des chiens de haute taille et sur des chevaux, j'ai isolé dans le crâne, avec le soin le plus minutieux, le pneumogastrique du bulbe et des filets les plus élevés du spinal (*branche interne*), afin d'éviter tout *mouvement réflexe* et toute dérivation de courant sur ce dernier nerf; puis j'ai fait agir l'électricité exclusivement sur les filets d'origine du pneumogastrique, sans avoir jamais vu survenir le plus léger frémissement soit dans les muscles du larynx et du pharynx, soit dans la tunique musculeuse de l'œsophage ou ailleurs (**).

Mais aussi je n'ai jamais manqué de faire voir à tous ceux qui ont assisté à mes cours de vivisections combien il est facile d'obtenir des résultats contraires, en négligeant seulement une de ces précautions: il suffit, par exemple, de mouiller un peu la lame de verre ou le taffetas verni servant à isoler les deux nerfs, pour que le courant réagisse aussitôt sur les filets supérieurs du spinal, d'où des contractions manifestes dans les précédents organes.

En donnant à ces résultats négatifs la même signification qu'à ceux qu'on obtient de l'application de l'électricité aux racines spinales postérieures, au nerf lingual ou aux autres divisions de la portion ganglionnaire du trijumeau, on est donc amené à conclure que le pneumogastrique est exclusivement sensitif depuis son origine au bulbe jusqu'au ganglion d'Ehrenritter: et, en effet, ses fibres terminales, en se distribuant à quelques points de la base de la langue, à la surface interne du larynx, aux muqueuses qui tapissent le pharynx, l'œsophage, l'estomac, la trachée, les bronches et leurs divisions, procurent à chacune de ces parties sa sensibilité propre; sensibilité qui, mise en exercice, peut donner lieu, comme on va le voir, à une *réaction variable* suivant l'organe et la nature de l'impression que cet organe subit.

1° Ainsi, par exemple, j'ai reconnu que les filets *linguaux* du pneumogastrique concourent à transmettre au centre nerveux l'impression qui provoque le *mouvement réflexe de déglutition.* Sur des chiens dont la partie libre de l'épiglotte avait été excisée, ayant ouvert la trachée immédiatement au-dessous du larynx, et introduit par la glotte, à l'aide d'une pince très fine, de petits fragments de viande ou

(*) Au-dessous de ce ganglion, on en observe un autre, plus volumineux, qui a été bien décrit surtout par FRÉD. ARNOLD.

(**) Pour la solution de la question qui nous occupe, j'accorde une bien plus grande importance à ces résultats négatifs qu'à une origine qui, à la rigueur, ne pourrait être qu'apparente. Les filets bulbaires du spinal et ceux du pneumogastrique semblent s'implanter à peu près sur la même ligne; ce qui n'empêche pas les premiers, vu leurs usages, de naître en réalité dans l'épaisseur de l'un des faisceaux moteurs de la moelle. Qui ne sait combien l'origine *réelle* du trijumeau, par exemple, diffère de son origine *apparente!*

de pain humide, j'ai toujours facilement excité la déglutition en les déposant dans l'intervalle des deux replis latéraux glosso-épiglottiques, où ne se trouvent que les filets linguaux du laryngé supérieur. Au contraire, chose digne de remarque, l'excitation de ces mêmes points avec les extrémités effilées de la pince provoquait la *nausée* et les *efforts du vomissement*.—Dans mon opinion, les glosso-pharyngiens, les filets pharyngiens du pneumogastrique, et même ceux du trijumeau qui se rendent à la face buccale du voile du palais, partagent la même influence avec les précédents *filets linguaux* du laryngé supérieur. A l'aide d'expériences directes, je me suis convaincu que la résection *isolée* soit des glosso-pharyngiens, soit des trijumeaux, soit des rameaux internes des laryngés supérieurs, ne supprimait pas l'impression périphérique à laquelle succède le mouvement réflexe de déglutition, mais qu'après ces trois résections pratiquées successivement à des hauteurs convenables, ce mouvement devenait difficile, sinon impossible : il eût peut-être cessé d'une manière absolue, sans l'intervention persistante des filets pharyngiens du pneumogastrique, que malheureusement, dans l'expérience, on ne peut songer à isoler des filets pharyngiens du spinal.

2° On connaît l'exquise sensibilité de la partie sus-glottique du larynx et son influence si importante sur la régularisation des mouvements de constriction de la glotte, au deuxième temps de la déglutition (*). On sait aussi que la respiration, pour être entretenue dans toute son activité, exige le concours d'impressions transmises de la muqueuse respiratoire au centre nerveux par les pneumogastriques : en effet, quand on interrompt ces nerfs dans leur trajet au cou, l'action excitatrice de l'air n'étant plus perçue, la sensation du besoin de respirer semble s'amoindrir, si l'on en juge par le nombre des inspirations qui diminue. On sait enfin que la muqueuse respiratoire, habituée au seul contact de l'air, est péniblement impressionnée par tout autre agent que son excitant physiologique ; d'où résulte alors une *toux violente* et expulsive.

3° Lorsque des aliments ont été introduits dans l'estomac, la membrane muqueuse, impressionnée, entraîne, avec le concours du système nerveux central, la

Voilà donc plusieurs exemples où en effet la sensibilité, à laquelle préside le *pneumogastrique*, donne lieu, comme je le disais, à des réactions variables suivant l'organe impressionné et la nature de l'impression.

5° Quant à l'influence qu'on accorde au pneumogastrique sur la sensation de la faim, sur la sensation de la soif et sur le besoin de respirer, je l'examinerai plus loin avec détail.

En résumé, l'excitation des fibres sensitives du pneumogastrique a pour effet de concourir au développement d'impressions, en général suivies de *mouvements réflexes*, qui se rapportent à l'accomplissement de la *déglutition* et de la *chymification*, de la *circulation* et de la *respiration*. Accidentellement, et à la suite d'impressions anormales, peuvent se produire d'autres actes moteurs dérivés des mouvements respiratoires, comme la toux et le vomissement. Ce sont là autant d'exemples de relations sympathiques qui, se traduisant à la fois par des manifestations de sensibilité et de mouvement, peuvent rentrer dans la loi du *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, telle qu'elle a été interprétée par divers physiologistes. Les mouvements indiqués s'accomplissent, pour ainsi dire, fatalement et toujours de la même manière ; ils ne dépendent ni de la volonté, ni de l'exercice, ni de l'habitude, et résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

Mais il y aurait pourtant erreur grave à croire que, si le concours des fibres sensitives du pneumogastrique venait à être supprimé, tous les précédents *actes réflexes* seraient nécessairement enrayés : — 1° Indépendamment des filets linguaux, pharyngiens et œsophagiens du pneumogastrique, se trouvent encore comme nerfs affectés à la transmission des impressions auxquelles succède la déglutition, les glosso-pharyngiens et certaines divisions des trijumeaux. 2° Outre les fibres du pneumogastrique qui aboutissent à la muqueuse respiratoire, il est évidemment d'autres nerfs dont l'excitation périphérique peut également réveiller les actes de la respiration : dans une syncope, par exemple, on provoque leur retour en jetant de l'eau froide à la face ou sur d'autres parties du corps, ou bien encore en impressionnant vivement la pituitaire à l'aide d'odeurs fortes et pénétrantes. 2° Si le rhythme et l'énergie des mouvements du cœur sont modifiés par suite de la section des pneumogastriques, assurément ils ne sont pas annulés. 4° Enfin, quant aux mouvements de l'estomac, nous verrons plus tard qu'ils ne sont suspendus que dans certaines conditions.

Je crois devoir ajouter une réflexion : Lorsqu'on songe à la facilité avec laquelle des impressions vives, émanées de tant d'organes auxquels ne se distribue que le grand sympathique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de muscles animés même par des nerfs céphalo-rachidiens, on est en droit de se demander si les *fibres sensitives* du grand sympathique, en se distribuant aux muqueuses du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, des poumons, à la surface interne du cœur, restent absolument étrangères aux effets réflexes qui ont leur point de départ dans ces mêmes organes. On ne peut ici que faire des suppositions.

B. — *Tronc du pneumogastrique considéré comme nerf sensitivo-moteur.* — L'histoire physiologique du pneumogastrique serait bientôt tracée, si l'on devait envisager seulement la *portion ganglionnaire* de ce nerf (c'est-à-dire, en défini-

tive, le pneumogastrique proprement dit), qu'on pourrait d'autant mieux assimiler à la portion ganglionnaire du trijumeau, que l'une et l'autre président à des modes de sensibilité variés, et influencent des mouvements réflexes très analogues (*). Seulement, quand on les compare, sous le rapport du volume, on ne tarde pas à s'étonner déjà qu'avec un si petit nombre de fibres initiales, le nerf qui nous occupe puisse *suffire* à donner le sentiment à une surface muqueuse d'une aussi grande étendue. A plus forte raison, dans l'opinion de ceux qui en font un nerf mixte, dès son origine, comment concevoir qu'il possède encore assez de filets moteurs pour animer des organes aussi nombreux? On veut bien, il est vrai, lui donner en aide la plus faible portion du spinal (*branche interne*); mais, dût-on même lui annexer ce nerf tout entier (ce qui serait contraire aux données anatomiques), qu'il paraîtrait encore insuffisant, tant sont innombrables les ramifications du *tronc mixte* du pneumogastrique.

Quoi qu'il en soit, puisque ce dernier fonctionne incontestablement comme nerf sensitif et comme nerf moteur, *à partir de son ganglion supérieur*, cherchons à rendre compte de cette subite transformation, en faisant connaître les sources réelles auxquelles, suivant nous, il emprunte sa double influence motrice, volontaire sur certains organes, involontaire sur le plus grand nombre.

Parmi les nombreux filets nerveux moteurs qui s'adjoignent au pneumogastrique, au-dessous du ganglion d'Ehrenritter, les uns sont *directs*, et proviennent: 1° *de la branche interne* du spinal, 2° du facial (*rameau de la fosse jugulaire*), 3° de la portion verticale de l'hypoglosse, 4° des branches antérieures du premier et du second nerf cervical; les autres, émanés des branches antérieures cervicales et des cinq ou six premières dorsales, sont *indirects*, c'est-à-dire qu'ils traversent d'abord les ganglions cervicaux et dorsaux supérieurs du grand sympathique, avant d'arriver à leur destination.—Tandis que les filets moteurs (*cérébraux* ou *rachidiens*), que j'appelle directs, concourent tous à former le tronc même du pneumogastrique, les filets indirects (*rachidiens*) en partie pénètrent dans ce tronc nerveux, et en partie forment corps seulement avec ses branches ou ses rameaux.

Aucun physiologiste, que je sache, n'a accordé à ces anastomoses toute l'importance qu'elles méritent, et surtout ne les a considérées du point de vue auquel je vais me placer.

Et d'abord, quelle interprétation faut-il donner de cette multiplicité de sources motrices, qui ne se retrouve pour aucun autre nerf de l'économie, si ce n'est pour le grand sympathique? Convaincu que la nature, toujours prévoyante et fidèle au but de conservation qui domine dans ses œuvres, a multiplié, en proportion de l'importance des fonctions, les moyens propres à en assurer le libre et facile exercice, je pense qu'une particularité différentielle aussi remarquable s'explique par la haute mission physiologique confiée au *tronc mixte* du pneumogastrique. En effet, ne tient-il pas sous sa dépendance les principaux viscères dont l'action est indispensable à l'entretien de la vie? Il fallait donc, pour que son intégrité fonctionnelle fût mieux assurée et que la brusque interruption de son influence fût moins facile, qu'il soutirât, à l'aide des nerfs qui lui sont surajoutés, sa force motrice à une grande étendue de l'axe rachidien; car, à l'exemple des autres cordons

(*) Les mouvements réflexes influencés par le trijumeau, auxquels je fais allusion, sont le *clignement et l'éternuement*.

nerveux, eût-il emprunté, par une simple racine, le principe de son action à une partie limitée des masses centrales (comme le voudraient ceux qui en font un nerf mixte *dès son origine*, sans tenir aucun compte des anastomoses qui viennent d'être signalées), une lésion en ce point eût aussitôt suspendu son rôle si important. Dès lors, comment s'étonner de trouver cette disposition exceptionnelle à un nerf dont les usages, si différents de ceux des autres nerfs cérébro-rachidiens, se lient, sans parler même de la *circulation*, à l'accomplissement des actes essentiels de la *respiration* et de la *digestion?*

Après avoir indiqué la source des nombreuses fibres motrices, *directes* ou *indirectes*, qui entrent dans la composition du tronc ou des branches du pneumogastrique, il me reste à aborder cet intéressant problème : Est-il possible de dire, à propos de chacun des organes mentionnés plus haut, lesquelles de ces fibres nerveuses mettent en jeu son activité motrice volontaire ou involontaire? L'expérimentation et l'observation directe permettent de répondre, jusqu'à un certain point, par l'affirmative.

1° Si les troncs des pneumogastriques exercent une influence incontestable sur les mouvements organiques du poumon, sur ceux du cœur, de l'œsophage et de l'estomac, cette influence, suivant moi, est due, en grande partie, aux filets moteurs qu'ils empruntent aux branches antérieures cervicales et dorsales supérieures (*), *filets qui ont traversé les ganglions sympathiques correspondants.*

A cette occasion, il importe de rappeler tout d'abord un caractère propre à faire distinguer les parties contractiles influencées par le grand sympathique, de celles qui dépendent des nerfs cérébro-spinaux : si l'on fait agir une irritation chimique, mécanique ou électrique sur un nerf moteur cérébro-spinal, on suscite des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et à disparaître; au contraire, les mêmes irritants sont-ils appliqués à des divisions du grand sympathique, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et arrive à son maximum d'intensité, seulement quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre, elle ne commence qu'après l'irritation immédiate et dure plus longtemps qu'elle. Or, comme des expériences directes me l'ont démontré, dans ce dernier cas rentrent les contractions du cœur, de la trachée, des bronches et de leurs divisions (**), de l'estomac et de la plus grande longueur de l'œsophage (***), contractions qui surviennent quand on vient à irriter les *bouts périphériques* des rameaux mixtes du pneumogastrique destinés à ces organes. Il paraît donc assez rationnel de conclure de cette remarque, qu'on ne peut considérer de pareils mouvements comme influencés par des *fibres directes* de nerfs cérébro-rachidiens, mais que tous ces mouvements dépendent de fibres nerveuses fonctionnelle-

(*) Les cinq ou six premières branches antérieures dorsales.

(**) Chez le cheval et le bœuf, dont la tunique contractile des bronches est bien manifestement musculaire, j'ai pu constater le mode de contraction dont il s'agit, à l'aide de courants électriques dirigés à travers les rameaux mêmes du pneumogastrique.

VOLKMANN a confirmé mes observations d'une manière ingénieuse : on adapte à la trachée-artère un tube dont l'extrémité libre, effilée, est en rapport avec la flamme d'une bougie; lors de la réaction des bronches, l'air expulsé déplace et agite la flamme longtemps après qu'a cessé toute irritation immédiate des nerfs.

(***) En parlant plus loin de l'action du pneumogastrique sur l'œsophage et l'estomac, je reviendrai sur le caractère de leurs contractions.

ment modifiées, soit par leur passage à travers les ganglions sympathiques indiqués, soit par une influence d'une autre nature. — Les précédents viscères n'échapperaient donc pas à la loi générale qui régit tous les organes dont le jeu est soustrait à l'empire de la volonté, puisque leur activité motrice, comme celle de ces derniers, serait subordonnée à des ramifications du grand sympathique.

De ce que les phénomènes respiratoires, circulatoires et digestifs persistent chez un animal privé de ses nerfs spinaux (accessoires de Willis), ce serait évidemment abuser de l'induction de conclure que le pneumogastrique doit être *mixte dès son origine*, et qu'il préside aux mouvements organiques du poumon, de l'estomac, etc.; car la branche interne ou anastomotique du spinal ne représente qu'un des nerfs si nombreux à l'aide desquels le tronc du pneumogastrique puise dans le centre nerveux son principe moteur.

Comme je l'ai déjà fait observer, des fibres initiales du pneumogastrique, dont le nombre paraît déjà si petit relativement à la surface muqueuse si étendue qui leur doit le sentiment, vient-on à soustraire par la pensée toutes celles qui remplissent un pareil rôle, on conçoit à peine qu'il en reste quelques-unes pour influencer les mouvements inséparables de trois fonctions justement indispensables à la vie, la *digestion*, la *circulation* et la *respiration*. Si la précédente hypothèse était admise, il s'ensuivrait donc que celui qui parviendrait à trancher isolément ces quelques fibres primitives paralyserait complétement ces fonctions et arrêterait à l'instant même le cours de la vie. — Mais cette mission extraordinaire, dévolue à certains filets originels du pneumogastrique, est bien loin d'être prouvée par les expériences, et d'ailleurs les explications qui en découlent sont en désaccord formel avec l'anatomie : celle-ci prouve, au contraire, combien la nature a été attentive à multiplier et à étendre les moyens capables d'entretenir le jeu d'organes aussi importants; quel artifice, si j'ose ainsi dire, elle a employé pour atteindre son but de conservation. La disposition du grand sympathique était déjà un exemple de cet artifice admirable; la constitution propre au tronc du pneumogastrique en est un autre exemple à mes yeux.

La théorie précédente me semblerait si exceptionnelle, que, pour l'admettre, il faudrait y être contraint par les expériences les plus concluantes. Or, ce n'est point ici le cas. Par un procédé qui mutile horriblement les animaux, qui met à découvert le cervelet et la *moelle allongée* (centre des mouvements respiratoires), qui force à soulever le premier de ces organes, et conséquemment à tirailler les deux, parviendrait-on à couper *séparément* les racines du pneumogastrique, et la mort surviendrait-elle immédiatement, qu'une semblable expérience ne saurait commander la conviction. En effet, combien de fois, en allant à la recherche des filets supérieurs du spinal, et surtout des racines du pneumogastrique, n'ai-je pas vu les animaux succomber avant même toute section des unes ou des autres! Il n'est pas besoin d'en dire davantage pour démontrer le peu de valeur qu'il faudrait accorder à cette expérience, et pour faire comprendre que les reproches adressés au procédé qui consiste à aller couper les racines du spinal dans le crâne seraient encore bien mieux applicables au cas dont il s'agit, puisque, pour opérer *de visu*, en ayant recours forcément à ce procédé, on aurait à surmonter d'autres difficultés résultant des rapports mêmes des racines du pneumogastrique et de leur défaut d'isolement.

2° Nous venons de déterminer les usages des fibres motrices *indirectes* ou sym-

pathiques adjointes au tronc ou aux branches du pneumogastrique, et de désigner les divers organes qui subissent leur influence; il s'agit maintenant de faire connaître le rôle et la distribution des filets moteurs cérébro-spinaux, que j'appelle *directs*, et qui, au niveau de la région cervicale, plongent tous dans l'épaisseur même de ce tronc nerveux.

Ceux-ci, comme on l'a déjà vu, proviennent : 1° du spinal, 2° du facial, 3° de l'hypoglosse, 4° de la première et de la seconde branche antérieure cervicale.

Dans le nerf spinal, il importe de distinguer, comme l'a fait Bendz (1), deux portions, l'une *bulbaire*, l'autre *cervicale*. A cause de ses connexions intimes avec le pneumogastrique, la première doit seule d'abord fixer notre attention; la seconde sera étudiée plus tard avec les autres nerfs crâniens moteurs.

Les filets originels de la *portion bulbaire du spinal* (branche interne ou anastomotique des auteurs) proviennent du bulbe rachidien, dans l'intervalle qui sépare la première paire cervicale du nerf pneumogastrique. Ils convergent vers le trou déchiré postérieur, et bientôt forment un faisceau intermédiaire à ce dernier nerf et à la *portion cervicale du spinal* (*). Ce faisceau s'accole au tronc du pneumogastrique, envoie d'abord quelques filaments dans son épaisseur, puis se subdivise pour aller, d'une part, concourir largement à la formation de la branche pharyngienne, et, d'autre part, se confondre avec le précédent tronc nerveux, non loin de l'origine du nerf laryngé supérieur : aussi est-il impossible de démontrer anatomiquement sa continuité avec le laryngé inférieur, et les preuves de cette continuité sont-elles, comme on va le voir, toutes physiologiques.

Après plusieurs tentatives infructueuses sur des chiens, Bischoff (2) parvint, chez un chevreau, à couper des deux côtés et dans l'intérieur du crâne tous les filets d'origine du nerf spinal : la voix devint rauque d'abord, puis baissa d'autant plus qu'il retranchait un plus grand nombre de filets, jusqu'à ce qu'enfin, tous ceux-ci étant divisés, l'animal devînt aphone, comme après la section des nerfs laryngés inférieurs. Dès 1841, j'ai moi-même publié des faits à l'appui de cet important résultat (3); et, depuis lors, dans des expériences multipliées, je n'ai cessé de retrouver la confirmation de ce que Bischoff et moi avions reconnu tout d'abord, savoir : que le spinal préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*), qui seule mérite le nom de *nerf vocal* (**).

Mais cette *branche interne* du spinal, qui, à l'exclusion de tout autre nerf, préside aux mouvements vocaux du larynx, a-t-elle aussi sa part d'influence sur les mouvements respiratoires du même organe? Toutes les fois qu'il m'est arrivé de détruire bien complétement les deux nerfs spinaux, dans l'intérieur du crâne, ou

(1) *Tractatus de connexu inter nervum vagum et accessorium Willisii*. Hauniæ, 1836.

(*) J. SPENCE (*Mém. cit.*) croit que « la portion motrice du pneumogastrique est formée par des filets de la branche interne du spinal et *par des fibres propres, non ganglionnaires* » : mais ces dernières peuvent être réellement considérées comme faisant partie des racines supérieures du spinal.

(2) *Dissert. cit.*

(3) *Rech. expérim. sur les fonct. des nerfs, des muscles du larynx, et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation* (*Gaz. med. de Paris*, 1841).

(**) Le procédé de CL. BERNARD (*Mém. cit.*), qui consiste à arracher les nerfs spinaux à l'aide d'une traction exercée sur leur branche externe en dehors du crâne, s'il ne peut servir à vérifier cette intéressante remarque, offre du moins le grand avantage de laisser les animaux survivre à l'opération : j'ai eu souvent occasion de le mettre en usage, et, en général, il m'a bien réussi principalement sur les lapins.

de les arracher par le procédé indiqué, j'ai vu la glotte demeurer ordinairement *immobile* lors des mouvements respiratoires. D'après les observations exactes de Cl. Bernard, elle restait béante, sans offrir d'ailleurs la tendance à l'occlusion, qui survenait aussitôt après la section des récurrents. Mais, parce que dans la composition de ces rameaux entrent des filets du pneumogastrique et des filets du spinal, que ceux-ci régissent les mouvements vocaux du larynx, est-on en droit de conclure que « le pneumogastrique possède une puissance motrice *propre*... ; que *seul* il met en jeu l'activité respiratoire de la glotte, de même qu'il anime les mouvements organiques du poumon ? etc. » Je ne le pense pas. Car d'abord, je ne saurais trop le répéter, jamais, en prenant les précautions convenables, je n'ai pu constater la moindre réaction dans le larynx ou ailleurs, quand j'ai fait agir l'électricité sur les racines sensitives propres au pneumogastrique; puis l'anatomie autorise à croire que les rameaux laryngés inférieurs ne sont pas formés seulement des fibres qu'on leur suppose généralement. Pourquoi, en effet, *avant de fournir ces rameaux*, les troncs des pneumogastriques empruntaient-ils des filets moteurs justement à des nerfs qui tous concourent aux mouvements respiratoires (*facial, hypoglosse, première* et *deuxième branches antérieures cervicales*) ? Pourquoi encore ces filets sympathiques si nombreux confondus avec les nerfs laryngés inférieurs ? Pour qu'il y eût certitude d'avoir réduit ces nerfs aux fibres propres des pneumogastriques, et qu'on pût affirmer que de l'influence de ces dernières *seules* résulte la dilatation respiratoire de la glotte après la section des nerfs spinaux, il faudrait donc avoir aussi pratiqué en lieu convenable celle des deux faciaux, des deux hypoglosses, des deux premières paires cervicales et de tous les filets sympathiques précédents : mais, à cause des nombreuses mutilations qu'elle exigerait, une pareille expérience serait impraticable, ou du moins ne pourrait conduire à des résultats concluants, et nous avons déjà prouvé qu'il en est de même de la section intra-crânienne des racines du pneumogastrique, faite par le procédé opératoire dont elle nécessite l'emploi.

Pour moi, qui ne puis admettre que le pneumogastrique soit mixte dès son origine, je retrouve ici la confirmation d'une loi générale que m'a surtout révélée l'étude attentive de cette paire nerveuse, savoir, que *les moyens d'innervation propres à entretenir le jeu d'un organe, se multiplient en raison de son importance physiologique.* C'est ainsi qu'on a vu les mouvements organiques du poumon, du cœur et de l'estomac, être influencés par des fibres motrices provenant de nerfs multiples qui puisent leur force dans des points différents des centres nerveux ; je démontrerai qu'il en est ainsi pour les mouvements de déglutition. — La même loi physiologique s'applique à la dilatation de la glotte, si indispensable à l'entretien de la vie.

Nul doute, comme on l'a vu précédemment, que le spinal (*branche interne*) ne transmette aux muscles intrinsèques du larynx l'influence motrice de laquelle dépendent la tension et le rapprochement des replis vocaux, c'est-à-dire l'appropriation de la glotte à la phonation ; et, puisque cette ouverture se resserre pour engendrer les sons, se resserre et se dilate alternativement pour produire certaines modulations de la voix, force est bien d'admettre que l'appareil musculaire laryngien, dans son entier (*muscles tenseurs, constricteurs* et *dilatateurs*), entre alors en exercice. Mais en est-il ainsi dans les mouvements respiratoires du larynx ? Lorsque la respiration est calme, on ne peut constater rien autre chose qu'un écartement permanent de la glotte ou des narines ; quand elle devient gênée, ces orifices se

dilatent d'abord outre mesure, puis reviennent bientôt à leurs dimensions normales, sans qu'il soit aucunement besoin de l'intervention active de leurs constricteurs. Pour l'ouverture nasale, cette intervention est indispensable, par exemple, dans l'action de flairer ; pour l'orifice glottique, elle n'a lieu que dans l'expiration sonore, comme la toux, l'éternument, c'est-à-dire dans des cas où le larynx fonctionne à la fois comme organe phonateur et respiratoire. Quant à la constriction de la glotte, qui s'opère dans certains actes déterminés, *sans émission de sons vocaux*, j'ai démontré son mécanisme par des expériences directes ; elle se produit sans le concours et malgré la paralysie de tous les muscles constricteurs intrinsèques du larynx (*).

De ces diverses remarques, il résulte qu'à l'exception des crico-aryténoïdiens postérieurs, qui agissent spécialement dans la respiration, tous les autres muscles laryngiens (*tenseurs* et *constricteurs*) sont exclusivement vocaux ; et que, si la destruction des nerfs spinaux détermine l'aphonie, ce résultat s'explique tout naturellement par leur distribution aux agents musculaires de la phonation, sans qu'il soit, par conséquent, nécessaire de faire intervenir ici une influence nerveuse motrice *spéciale*.

Quant aux muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, ils n'en continuent pas moins à remplir leur rôle le plus important, celui de maintenir la glotte dilatée pour la respiration (**) ; car si la phonation, fonction secondaire et accessoire, dépend d'un nerf unique et disparaît avec lui, la dilatation respiratoire de la glotte, si essentielle, si indispensable à la conservation de la vie, est sous la dépendance ou plutôt sous la protection de nerfs multiples qui, dans certaines limites, peuvent se suppléer les uns les autres. Aussi, comme je l'ai déjà fait remarquer, précisément avant de donner origine aux récurrents qui animent les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, voit-on les pneumogastriques emprunter des fibres motrices à des nerfs qui tous interviennent dans la respiration (***). Pourquoi, d'ailleurs, au lieu

(*) LONGET, *Rech. expérim. sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination* (*Arch. génér. de méd.*, 1841). — Ces agents sont les muscles palato-pharyngiens, et surtout les constricteurs inférieurs du pharynx. Le resserrement de la glotte qui accompagne toute espèce d'*effort* un peu laborieux, est également dû à la contraction de ces mêmes muscles, comme je l'ai reconnu à l'aide d'expériences variées que j'ai faites depuis la publication du précédent mémoire.

(**) On sait en effet que leur paralysie, après la section des récurrents, permet aussitôt l'accolement des lèvres de la glotte sous la pression de l'air extérieur qui tend à pénétrer dans le larynx ; d'où la suffocation ou seulement une gêne de la respiration, suivant l'âge des animaux. Je reviendrai sur ce curieux phénomène.

(***) 1° Le *facial* préside non-seulement aux mouvements de dilatation respiratoire des ouvertures nasale et buccale, mais encore, ainsi que je l'ai établi ailleurs (*Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II), à ceux de l'orifice bucco-pharyngé ; et, comme il envoie des filets au pneumogastrique, au niveau du ganglion d'Ehrenritter, on peut supposer qu'il doit avoir aussi *sa part* d'influence sur la dilatation de la glotte, de sorte qu'il ne serait étranger à aucun des orifices que l'air traverse avant d'arriver aux organes pulmonaires.

2° Dans les inspirations profondes, il y a abaissement considérable du larynx ; quand le bâillement commence, le même phénomène a lieu, la base de la langue se déprime, se creuse en gouttière, et quand il va finir, la base de cet organe se relève et se gonfle, tandis que la pointe se recourbe et s'abaisse, etc. Ces divers mouvements, liés à ceux de la respiration, dépendent soit de l'hypoglosse uni aux deux premières branches antérieures cervicales et à la troisième, soit de l'hypoglosse seulement ; et, puisque, avant la naissance des récurrents qui président à la dilatation de la glotte, l'hypoglosse et les deux premières cervicales donnent des fibres motrices au pneumogastrique, on ne saurait, par ces raisons mêmes, leur refuser un but d'utilité, celui de contribuer sans doute, pour leur part, à assurer l'innervation de la glotte respiratoire.

3° Enfin, quant aux fibres motrices *indirectes* qui, après avoir traversé des ganglions sympathiques, s'adjoignent aux récurrents, rien ne prouve que, dans ce cas, elles ne puissent aussi prêter un utile concours.

de se séparer des pneumogastriques à peu près au même niveau que les laryngés supérieurs, les récurrents naissent-ils si bas et parcourent-ils un si long trajet, si ce n'est pour qu'eux-mêmes ou leur tronc puissent d'abord recevoir les fibres motrices destinées à leur venir en aide ?

Toutefois, je n'entends pas avancer que ces fibres, à origines distantes et multiples, doivent transmettre le principe nerveux exclusivement aux crico-aryténoïdiens postérieurs : elles le transmettent encore à d'autres muscles qui, à cause de l'importance de leur mission, devaient être soumis à la même loi physiologique ; je veux parler des *muscles constricteurs pharyngiens*. Aussi, comme celle des crico-aryténoïdiens postérieurs, leur contraction persiste-t-elle malgré la destruction des deux nerfs spinaux, sans qu'il soit permis de la rapporter à l'influence propre des pneumogastriques, puisque, quoi qu'on en ait dit, l'irritation galvanique de ces nerfs, *convenablement pratiquée* dans le crâne, laisse le pharynx aussi complétement immobile que le larynx lui-même.

On observe néanmoins quelques légers troubles de la déglutition chez un animal privé de ses nerfs spinaux (*) : ainsi quand on veut le contraindre à manger vite, quand on l'effraye pendant son repas ou qu'on l'excite en lui piuçant une partie sensible du corps, il survient une sorte de toux rauque due à l'introduction de parcelles alimentaires, soit dans le vestibule sus-glottique, soit dans les bronches elles-mêmes. Au contraire, quand ces sortes de provocations n'ont pas lieu de la part de l'expérimentateur, la déglutition peut s'opérer sans accidents de cette nature, mais toujours avec une certaine lenteur que, du reste, j'ai vue cesser presque complétement quelques jours après l'opération, chez un assez grand nombre d'animaux (*lapins*).

A quelle cause faut-il rapporter les troubles précédents? La marche retardée du bol alimentaire explique pourquoi des parcelles d'aliments peuvent être attirées dans les voies aériennes plus aisément qu'à l'état normal ; car, à cause même de ce retard, il y a plus de chances pour que la déglutition soit inachevée, au moment où l'on provoque l'animal à faire une inspiration. La rapidité moindre de la déglutition s'explique elle-même par une légère diminution dans la force contractile des muscles pharyngiens ; aussi la déglutition des liquides qui exige des contractions moins énergiques que celle des aliments solides, continue-t-elle de s'exécuter facilement, comme j'en ai fait la remarque sur de jeunes chats. Si d'ailleurs, avec le temps, l'énergie primitive des constricteurs tend à se rétablir, cela prouve que d'autres fibres nerveuses motrices (celles qui ont été indiquées plus haut) peuvent finir par transmettre à ces muscles la même somme de force nerveuse que leur apportaient les rameaux pharyngiens du spinal.

On ne saurait invoquer ici le défaut d'occlusion de la glotte ; car, comme j'ai eu bien souvent occasion de le constater, cette ouverture persiste à se fermer au second temps de la déglutition. Des recherches antérieures (1) m'ayant appris que l'occlusion glottique dépend, dans ce cas, non des muscles intrinsèques du larynx, mais des constricteurs inférieurs du pharynx et aussi des palato-pharyngiens (**), je

(*) Dans ses expériences, CL. BERNARD (*Mém. cit.*) a aussi observé une certaine gêne de la déglutition, qu'il explique par le *défaut d'occlusion du larynx*.

(1) Voy. notre mém. déjà cité, *Sur les agents d'occlusion de la glotte, etc.*

(**) Ces derniers muscles sont animés par des filets du nerf facial, anastomosés avec le glosso-pharyngien.

me suis aisément rendu compte de cette persistance. En effet, l'acte musculaire qui chasse les aliments vers l'œsophage, celui qui ferme le larynx, ne sont pas deux actes distincts qui puissent s'isoler; le second résulte inévitablement du premier, il en est la conséquence nécessaire, ou plutôt ces deux actes n'en forment en réalité qu'un seul. Aussi, pour que l'occlusion de la glotte pendant la déglutition devînt impossible, faudrait-il que la contraction pharyngienne, qui pousse le bol alimentaire, fût elle-même supprimée. Or, elle ne l'est pas après l'ablation des nerfs spinaux, et, en effet, la glotte continue à se fermer. Mais d'ailleurs, cet orifice dût-il rester ouvert, que la déglutition s'accomplirait encore avec la plus parfaite régularité : ayant fait subir une perte de substance à la trachée, immédiatement au-dessous du larynx, et, par cette plaie, ayant introduit dans l'intervalle des lèvres de la glotte une pince qui tenait ces lèvres écartées, maintes fois j'ai vu les animaux avaler des liquides ou des aliments divisés en morceaux extrêmement ténus, sans que jamais rien passât dans les voies aériennes (*Mém. cit.*). A l'appui de ces expériences, j'ai également rappelé les observations de Louis (1), qui a vu souvent la glotte détruite par des ulcérations chez des phthisiques dont la déglutition était néanmoins restée parfaitement régulière (*).

Le mouvement ascensionnel du larynx en avant, associé à celui de la langue, en arrière, dont la base vient s'appliquer sur l'orifice laryngé supérieur, l'*arrêt momentané de la respiration*, qui précède ces mouvements toujours impossibles à exécuter sans cette dernière condition, telles sont les principales causes qui empêchent l'entrée des parcelles alimentaires dans les voies aériennes; quant à l'occlusion de la glotte, effet accessoire et inévitable de la contraction du muscle constricteur inférieur du pharynx (**), on vient d'acquérir la preuve qu'elle ne mérite pas, à ce point de vue, l'importance qu'on lui a généralement accordée. — Mais il me reste à démontrer que l'arrêt de la respiration, qui précède nécessairement la déglutition, ne saurait non plus être rapporté à la constriction des voies respiratoires, au niveau du larynx. En effet, sur des chiens, j'ai coupé la trachée-artère, et j'ai vu ces animaux, avant de produire le mouvement ascensionnel de leur larynx et de leur langue, suspendre d'abord leur respiration, par le bout inférieur de la trachée, tout aussi aisément qu'à l'état normal, et avaler avec une parfaite régularité. La même expérience m'a réussi sur les lapins privés de leurs nerfs spinaux, et dont je maintenais les lèvres de la glotte écartées; la déglutition s'est régulièrement accomplie, mais seulement, comme on l'a vu, avec un peu plus de lenteur.

Ainsi, lors de la déglutition normale, sans qu'il soit besoin de l'intervention d'aucune force musculaire *antagoniste*, le jeu de l'appareil respiratoire s'arrête tout d'abord de lui-même : par cela seul, le pharynx cesse forcément sa fonction respiratrice pour s'approprier exclusivement à la déglutition; puis, le larynx se porte en haut et en avant, la base de la langue en arrière, de manière à clore et à protéger l'ouverture propre des voies aériennes, et, en même temps, a lieu la con-

(1) *Rech. anat. pathol. sur la phthisie.* Paris, 1825.

(*) Cette opinion, que la régularité de la déglutition est due à l'état de contraction de la glotte, avait déjà été combattue par P. Bérard (*Physiol.* de RICHERAND, 10e édit., t. I, p. 232), sinon par des arguments expérimentaux, du moins par des réflexions extrêmement judicieuses et pleinement confirmées par mes recherches.

(**) En analysant mes expériences antérieures, P. Bérard (*Cours de physiol.*, Paris, 1849, t. II, p. 21) a présumé avec raison qu'on pourrait envisager l'occlusion de la glotte comme je le fais ici en m'appuyant sur l'expérimentation.

traction brusque du pharynx, qui doit chasser le bol alimentaire dans l'œsophage. Voilà donc deux actes (respiration, déglutition) qui se succèdent, et dont la succession même suffit pour prévenir entre eux toute espèce de conflit perturbateur. On ne saurait voir là le moindre antagonisme; et, puisque, de la suspension même de toute respiration résulte nécessairement l'interruption du rôle du pharynx comme conduit de l'air, c'est donc une supposition toute gratuite que d'attribuer aux nerfs spinaux (*branches internes*) une influence nerveuse *spéciale* sur les muscles pharyngiens, influence nécessaire qui aurait pour but, en resserrant l'ouverture laryngée supérieure, d'intercepter temporairement le passage de l'air par le pharynx. Si d'ailleurs, malgré l'ablation des nerfs spinaux, cet organe conserve en effet sa faculté de pousser les aliments vers l'œsophage, c'est-qu'évidemment tous les mouvements de déglutition (ascension du larynx et de la langue, contraction pharyngienne, etc.) sont encore possibles; et, s'ils sont possibles, c'est que l'arrêt temporaire de la respiration s'effectue, comme je l'ai avancé, sans le concours des nerfs précédents, puisque, sans cet arrêt préalable, il serait absolument impossible d'exécuter les mouvements propres à la déglutition. — Par conséquent, il n'est pas permis de rapporter à la persistance des phénomènes respiratoires les légers troubles qui surviennent, dans cet acte important, après la destruction des nerfs spinaux; car, si cette persistance était réelle, au lieu de simples troubles, ce serait l'impossibilité absolue de la déglutition qu'on devrait observer (*). En employant toute son attention, toute l'énergie de sa volonté, qu'on s'efforce d'avaler sa salive en laissant persister les phénomènes respiratoires, et jamais on ne pourra y parvenir : au contraire, à peine sont-ils suspendus, qu'aussitôt le larynx s'enfuit en avant pour chercher un abri protecteur sous la base de la langue, le pharynx se contracte, etc., et la déglutition s'opère.

Quand on songe au nombre des nerfs chargés de transmettre le principe incitateur aux muscles extrinsèques et intrinsèques du pharynx, assurément on ne peut s'étonner de voir ces muscles agir encore, après la suppression des seuls filets pharyngiens de la branche interne ou anastomotique du spinal. En effet, des filets du facial, anastomosés avec le glosso-pharyngien, se rendent aux muscles stylo-pharyngien et palato-pharyngien, ainsi qu'aux constricteurs supérieur et moyen; ces deux derniers reçoivent aussi, des trois ou quatre premières branches antérieures cervicales, des rameaux qui d'abord traversent le ganglion cervical supérieur, et le constricteur supérieur en emprunte d'autres au nerf masticateur (1). Quant au muscle constricteur inférieur, le plus énergique de tous, il est animé non-seulement par des filets *indirects* ou ganglionnaires des trois ou quatre premières cervicales, mais encore par d'autres qui, venus des dernières, traversent le ganglion cervical inférieur, pour n'aboutir, en général, au pharynx qu'après s'être adjoints aux rameaux récurrents; et comme ceux-ci se détachent du pneumogastrique seulement au-dessous de ses anastomoses avec les deux premiers nerfs cervicaux et avec le nerf hypoglosse, il est permis de croire que ces dernières fibres anastomotiques ne sont étrangères ni à la composition des récurrents qui se ramifient en partie dans le constricteur inférieur, ni, par conséquent, à la transmission du principe nerveux à ce muscle si important.

(*) En disant, plus haut, quels sont ces troubles, nous croyons en avoir donné la véritable interprétation.

(1) Portion non ganglionnaire du trijumeau.

Je puis rappeler que, si la faculté motrice du pharynx lui est assurée par le concours de nerfs aussi nombreux (masticateur, facial, spinal, hypoglosse, fibres motrices *directes* ou *indirectes* des branches antérieures cervicales), la faculté sensitive du même organe, si utile à la production des mouvements réflexes de déglutition, lui est également garantie par beaucoup de paires de nerfs (portions ganglionnaires du pneumogastrique, du glosso-pharyngien, du trijumeau, fibres sensitives *directes* ou *indirectes* des branches antérieures cervicales). — Du reste, une pareille répartition nerveuse se trouve bien justifiée par l'importance et la diversité des usages dévolus à ce vestibule des voies digestives et respiratoires.

Le pharynx, qui fait encore partie du tuyau vocal, est susceptible, comme on le sait, de présenter des différences très considérables dans ses dimensions lors de la production de la voix, et c'est dans les divers degrés d'amplitude de cet organe qu'il faut surtout chercher les conditions essentielles des divers timbres : ainsi le timbre de la voix est d'autant plus clair et maigre, que le pharynx est plus raccourci ; il est d'autant plus sombre et plus volumineux, que le pharynx est plus allongé. Or, nous avons déjà dit qu'aussitôt après la destruction des *branches internes* des nerfs spinaux, tous les mouvements du larynx propres à la phonation se paralysent ; aussi ceux qui, à l'occasion de l'exercice de cette fonction, ont lieu concurremment dans le pharynx, cessent-ils également de se produire comme auxiliaires inutiles d'une fonction qui n'existe plus.

Je crois devoir rappeler ici que toujours j'ai vu l'extrémité supérieure de l'œsophage réagir sous l'influence de l'électricité appliquée à la *branche interne* du spinal ; ce qui prouve que ce nerf lui fournit, comme au pharynx et au larynx, son contingent de force incitatrice. Il ne me semble pas inutile de noter que les fibres musculaires de cette partie du canal œsophagien, comme le démontre l'observation microscopique, appartiennent, du moins en grande partie, à la catégorie de celles qui sont ridées en travers et qu'on observe dans les muscles de la vie animale. J'ajouterai encore que l'influence de la branche interne du spinal sur l'extrémité supérieure de l'œsophage m'a paru s'exercer durant la phonation ; car plusieurs fois j'ai pu observer un état de contraction très manifeste à l'origine de ce conduit, pendant que les animaux proféraient des cris violents. En étudiant, plus tard, l'action du tronc mixte du pneumogastrique sur divers autres organes, j'aurai occasion de parler de nouveau de l'œsophage.

Je viens de m'appliquer à démontrer la *véritable nature* du nerf pneumogastrique et les *usages de ses innombrables anastomoses*. — Avant d'aller plus loin, il ne sera pas sans intérêt d'examiner la question de savoir jusqu'à quel point la portion ganglionnaire du pneumogastrique et les nombreux filets moteurs qui s'y réunissent, peuvent représenter les deux éléments d'une paire rachidienne.

Dans mon opinion, le *tronc mixte* du pneumogastrique, comme je l'ai dit, se compose : 1° de fibres sensitives appartenant à la portion ganglionnaire de ce nerf ; 2° de fibres motrices *directes*, empruntées au facial, au spinal (branche interne), à l'hypoglosse, aux deux premières branches antérieures cervicales, et destinées à des organes volontaires ou semi-volontaires ; 3° de fibres motrices *indirectes*, qui, venues de toutes les branches antérieures cervicales et des cinq ou six premières dorsales, traversent les ganglions sympathiques correspondants avant de s'unir au tronc du pneumogastrique ou à ses rameaux : ces fibres animent des

viscères dont l'action est soustraite à l'empire de la volonté (*). Or, si, groupant toutes ces fibres motrices, on les supposait naître d'un point circonscrit de l'axe cérébro-spinal, certes l'esprit serait plus naturellement amené à voir, dans une pareille racine et dans le pneumogastrique proprement dit, les analogues des deux éléments d'un nerf rachidien; mais, dans le cas qui nous occupe, pour que l'influence nerveuse motrice fût mieux assurée, il était nécessaire qu'elle provînt d'une grande longueur de l'axe cérébro-spinal, et cette nécessité a déterminé ici une première différence avec une paire rachidienne : c'est que le mélange entre les filets moteurs et les filets sensitifs ne pouvait s'opérer seulement au niveau des ganglions jugulaires du pneumogastrique, comme il a lieu entre les deux racines spinales au niveau des ganglions intervertébraux. Une autre différence essentielle résulte de la présence, dans le tronc ou les branches du pneumogastrique, de fibres motrices *indirectes* qui pouvaient ne point exister dans un nerf rachidien mixte, puisque celui-ci préside à des mouvements exclusivement volontaires.

Du reste, pour établir un rapprochement qui aurait bien quelque intérêt, il me serait facile de démontrer que la portion ganglionnaire du trijumeau n'a pas pour racine motrice exclusive le *nerf masticateur*, mais que les trois nerfs moteurs oculaires, le facial et l'hypoglosse, anastomosés (*bien au delà du ganglion de Gasser*), avec des divisions du trijumeau proprement dit, représentent, pour ce dernier, autant de racines motrices complémentaires. Assurément on eût pu comprendre, à la place de tous ces nerfs, une seule racine de mouvement, assez volumineuse pour accompagner toutes les ramifications de la portion ganglionnaire du trijumeau, mais évidemment l'interruption du principe nerveux moteur eût été plus facile dans cette racine unique que dans des nerfs multiples provenant de divers points de l'axe cérébro-spinal.

Quoi qu'il en soit, on se tromperait étrangement en supposant qu'une racine, réputée *motrice* par rapport à une autre qui est dite sensitive, doive, pour être considérée comme l'élément moteur de cette dernière, en accompagner nécessairement toutes les divisions. On ne conteste un pareil rôle ni au nerf masticateur relativement au trijumeau, ni à la racine antérieure du deuxième nerf cervical relativement à la postérieure correspondante; et pourtant cette racine postérieure, qui donne le sentiment à la peau de la tête en arrière, le trijumeau, qui le donne aux téguments de cette partie en avant, sont loin d'être accompagnés dans tout leur trajet, l'une par des filets de sa racine antérieure correspondante, l'autre par des filets du masticateur qui seraient destinés à tous les muscles sous-jacents.

Une fusion incomplète entre les fibres motrices et les fibres sensitives de deux nerfs différents ne saurait non plus suffire pour autoriser à nier toute analogie entre eux et les éléments d'une paire rachidienne : en effet, on admet cette analogie pour le nerf masticateur et la branche maxillaire inférieure, quoique leurs filaments soient assez facilement séparables sur des pièces macérées et ne s'associent qu'en très petit nombre.

Quant à la *branche interne* ou anastomotique du nerf spinal, qui a dû spécialement fixer notre attention, évidemment elle ne représente, pour le pneumogastrique proprement dit, qu'une racine motrice incomplète, comme le nerf masticateur pour la portion ganglionnaire du trijumeau : aussi, comme on l'a vu

(*) Il faut y joindre enfin les fibres dites *vaso-motrices*, qui, venues de la moelle elle-même, font aussi partie du *tronc mixte* du pneumogastrique : ces fibres sont généralement considérées comme exerçant de l'influence sur les actes nutritifs et sécrétoires, par l'entremise des vaisseaux sanguins.

plus haut, le trijumeau et le pneumogastrique ne manquent-ils pas de s'associer d'autres racines motrices complémentaires. Cette *branche interne* du spinal, reste d'abord assez distincte du pneumogastrique tout en lui donnant quelques filets; mais bientôt elle se confond si bien avec lui, que, dans les nerfs laryngés, par exemple, il devient absolument impossible de distinguer les fibres du spinal de celles du pneumogastrique, comme dans un nerf rachidien mixte on ne saurait discerner les filets de la racine sensitive de ceux de la racine motrice. Du reste, on ne saurait contester le rôle de la *branche interne* du spinal comme racine motrice *partielle* du pneumogastrique, en alléguant que son origine apparente a lieu dans le voisinage des racines postérieures; car toute l'épaisseur des colonnes antéro-latérales de la moelle étant consacrée au mouvement, évidemment les nerfs qui naissent tout auprès des racines postérieures peuvent être moteurs au même degré que ceux qui naissent à une grande distance de ces racines. L'origine *apparente* du masticateur, du pathétique, etc., n'a pas lieu sur les prolongements des faisceaux antérieurs de la moelle, et ils n'en sont pas moins des nerfs de mouvement.

Nous pensons avoir déjà donné assez de preuves pour démontrer combien il serait peu rationnel de prétendre que le pneumogastrique possède, *à son origine*, une faculté motrice propre, par la seule raison que la destruction de la branche interne du spinal (c'est-à-dire d'*une* de ses racines seulement) laisse persister les mouvements organiques du poumon, du cœur, du pharynx, de l'œsophage et de l'estomac : il n'y a point lieu de revenir sur ces preuves.

Nous avons examiné, sous un point de vue général, le rôle du pneumogastrique et de ses nombreuses anastomoses; il nous reste actuellement à étudier en détail l'action du tronc *mixte* de ce nerf sur les divers organes auxquels il se distribue.

Action sur le larynx.

1° *Nerfs laryngés supérieurs.* — Une conséquence intéressante des expériences variées auxquelles j'ai soumis les nerfs laryngés supérieurs, c'est que, des deux rameaux propres à chacun d'eux, l'*externe seul*, par les filets qu'il envoie aux muscles crico-thyroïdiens, *a de l'influence sur la phonation.* En effet, j'ai pu couper isolément, sur des chiens, les ramuscules nerveux qui animent exclusivement ces muscles, et aussitôt est survenue une raucité singulière de la voix, due au relâchement subit des cordes vocales; raucité que d'ailleurs je faisais disparaître à volonté, en rapprochant, à l'aide d'une pince, le cricoïde du thyroïde, et en remplaçant de la sorte l'action des muscles crico-thyroïdiens sur les replis vocaux. Au contraire, jamais il ne m'a été possible de constater la moindre modification de la voix, après la section isolée des *rameaux laryngés internes*, pratiquée au-dessus du cartilage thyroïde et vers le lieu où ils traversent la membrane thyro-hyoïdienne pour pénétrer dans l'intérieur du larynx.

Ce dernier résultat négatif trouve une nouvelle confirmation dans l'expérience suivante : J'ai galvanisé sur beaucoup d'animaux (lapins, chiens, chevaux, bœufs) ces mêmes rameaux laryngés internes, sans susciter la plus légère convulsion dans le muscle aryténoïdien ou ailleurs; autre preuve que ces rameaux, selon moi, exclusivement sensitifs, n'ont pas pour mission de faire contracter ce

muscle (*), et que, par conséquent, on ne saurait admettre, comme on l'a avancé, que l'*altération de la voix*, succédant à la section des nerfs laryngés supérieurs, dépende de la paralysie du muscle aryténoïdien (1). — Mes expériences démontrent, de la manière la plus directe, qu'elle résulte de la paralysie des seuls muscles crico-thyroïdiens.

Le pincement du rameau laryngé interne est très douloureux : on se l'explique aisément, quand on sait que ce rameau procure, à la muqueuse du vestibule sus-glottique et à celle de la plus grande partie du larynx, leur exquise sensibilité. Soumis au même mode d'irritation, le rameau laryngé externe m'a paru être à peu près insensible.

La section complète des deux nerfs laryngés supérieurs n'apporte, du reste, aucun obstacle à l'introduction de l'air dans les voies respiratoires : car les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, muscles essentiellement inspirateurs qui sont animés par les récurrents, n'en continuent pas moins de maintenir la glotte dilatée.

2° *Nerfs laryngés inférieurs ou récurrents.* — Chez les animaux, une altération profonde de la voix ou sa perte absolue, ainsi qu'un trouble plus ou moins notable de la respiration, ne manquent jamais de survenir après la section des récurrents : la lésion de ces nerfs, chez l'homme, s'accompagne de symptômes analogues (2).

A. Contrairement à Galien (3) et à d'autres expérimentateurs, qui notèrent l'*aphonie complète* comme résultat persistant de la lésion des deux nerfs précédents, Haller (4) admet qu'à cause de l'influence qu'exercent encore les nerfs laryngés supérieurs, les animaux peuvent n'être pas aphones ; et J. Müller (5) partage la même opinion.

Sédillot (6), ayant excisé les récurrents sur quatre chiens, annonce « qu'un de ces chiens aboya distinctement, qu'un autre fit entendre quelques cris aigus et glapissants, et que les deux derniers *restèrent muets.* » Magendie (7) a entendu *plusieurs* animaux, privés de ces nerfs, pousser des cris assez aigus dans des instants où ils éprouvaient une violente douleur. Suivant lui, « ce phénomène s'entend aisément par la distribution des nerfs du larynx : le *muscle aryténoïdien, qui reçoit ses nerfs du laryngé supérieur*, se contracte, et, dans le moment d'une expiration rapide, il applique fortement l'un contre l'autre les cartilages aryténoïdes ; la glotte se trouve assez étroite pour que l'air puisse faire entrer en vibration les muscles thyro-aryténoïdiens, bien qu'ils ne soient point contractés. »

Avant de juger, par voie d'expérimentation, la valeur de cette dernière théorie,

(*) C'est à tort que MAGENDIE (*Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 268) avait avancé une assertion contraire. Plus loin, je prouverai que la contraction du *muscle aryténoïdien* est sous la dépendance exclusive de filets qui proviennent des nerfs récurrents.

(1) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, t. I, p. 302.
(2) Voyez les faits pathologiques relatés dans le tome II, p. 363 et suiv. de notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerveux.*
(3) *De locis affectis*, lib. I, cap. VI, p. 48, t. VIII, édit. gr.-lat. de KÜHN.
(4) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 409.
(5) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 322.
(6) *Thèse inaug.*, 1829, n° 274.
(7) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 294.

sachons s'il est exact d'avancer que les animaux privés des nerfs laryngés inférieurs puissent encore faire entendre des cris aigus.

Je répondrai négativement pour certains cas, et affirmativement pour d'autres. En effet, j'ai conservé pendant quatre et cinq semaines des chiens auxquels les deux récurrents étaient excisés, sans que leur voix se soit jamais rétablie : aucun cri aigu n'était possible, et, quand ces animaux poussaient une violente expiration, comme pour crier, ils faisaient entendre seulement une sorte de ronflement laryngien, semblable à celui qu'on obtient avec un soufflet duquel on expulse l'air avec force à travers un larynx dont la glotte est un peu large. Or, les chiens sur lesquels je faisais ces dernières observations étaient adultes; tandis que ceux qui, quoique privés de leurs récurrents, ont pu encore pousser des cris aigus, étaient tous âgés seulement de quelques mois (*). Si Legallois a reconnu que les effets de la section de ces nerfs sur les mouvements respiratoires du larynx sont singulièrement modifiés par l'âge de l'animal, aucun physiologiste, que je sache, n'avait établi avant moi qu'il en fût de même pour la phonation : plus loin, je ferai connaître une configuration de la glotte, particulière aux jeunes animaux, qui doit singulièrement les aider à produire des sons aigus dans la circonstance indiquée.

On ne peut admettre l'explication proposée plus haut par Magendie, qui, sans rechercher comment la voix est conservée dans certains cas, et abolie dans d'autres, après la paralysie des récurrents, rapporte un effet inconstant (de son aveu même) à une cause constante d'après lui, « c'est-à-dire à la persistance d'action du *muscle aryténoïdien, qui détermine entre les aryténoïdes un rapprochement nécessaire à la formation des sons aigus.* » — D'une part, le muscle aryténoïdien ne saurait agir sur ces cartilages, comme on le suppose, puisqu'il est *paralysé* par la section même des récurrents; et, d'autre part, les crico-thyroïdiens, animés encore par le laryngé supérieur (rameau externe), peuvent très bien, quoique seuls, en tendant les replis vocaux, entretenir, *si l'animal est jeune*, la glotte dans les conditions nécessaires à la production des sons aigus. Ce fait est d'ailleurs confirmé par la paralysie de ces muscles, que je détermine à l'aide de la section isolée de leurs filets nerveux : celle-ci étant pratiquée, l'animal ne peut plus proférer ses premiers cris, qui, au contraire, continuent après que les rameaux laryngés internes sont coupés. — C'est donc seulement aux muscles crico-thyroïdiens qu'appartient, dans ces cas, le rôle attribué à tort au muscle aryténoïdien.

Quant à la configuration de la glotte, favorable, chez les jeunes animaux, à la production des sons aigus après l'excision des récurrents, il faut d'abord savoir que cette ouverture présente : 1° une partie antérieure ou *interligamenteuse*, bordée par les cordes vocales; 2° une partie postérieure ou *intercartilagineuse*, limitée latéralement par les apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Or, j'ai reconnu que, suivant l'âge, les dimensions relatives de ces deux portions varient beaucoup ; qu'ainsi, à une époque assez rapprochée de la naissance, la seconde est infiniment petite relativement à la première, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Aussi, chez les animaux encore assez jeunes, les cordes vocales, par le fait même de leur tension, se rapprochent-elles avec facilité pour permettre des sons aigus; tandis que l'obstacle qui empêche ceux-ci chez les animaux plus âgés réside évidemment dans l'am-

(*) J'ai répété ces expériences sur des lapins avec les mêmes résultats.

pleur de leur glotte intercartilagineuse, dont les dimensions ne sauraient d'ailleurs être suffisamment rétrécies à cause de la paralysie incontestable du muscle aryténoïdien (*).

Afin de démontrer la réalité de l'obstacle indiqué, poussez, comme nous l'avons fait, de l'air dans le larynx d'un animal mort, mais adulte, et il vous sera impossible, malgré la tension des replis vocaux, d'obtenir des sons aigus, si d'abord, pour diminuer la glotte intercartilagineuse, vous ne rapprochez les aryténoïdes : au contraire, chez les jeunes animaux, cette dernière précaution est inutile quand les cordes vocales sont tendues ; et, par conséquent, l'action des crico-thyroïdiens (*tenseurs de ces cordes*), sans le concours de l'aryténoïdien (*constricteur de la glotte intercartilagineuse*), toujours paralysé après la section des récurrents, suffit à la production des sons aigus.

B. Signalons maintenant les troubles plus ou moins fâcheux *de la respiration*, occasionnés par la section ou la paralysie des laryngés inférieurs ; troubles qui avaient échappé à l'observation de Galien et de la plupart des physiologistes jusqu'à Legallois. Cependant il était arrivé plusieurs fois que des animaux avaient succombé aussitôt après la ligature ou la section des nerfs pneumogastriques : ce fait avait été observé par Piccolhomini, Molinelli, Sénac, Haller, etc., qui n'avaient pu en donner une explication satisfaisante. Legallois (1), ayant fait la même remarque sur des chiens âgés de deux jours, cherchait aussi la cause de cet étrange phénomène, lorsqu'une fois, importuné par les cris aigus d'un petit chien du même âge auquel il voulait lier les carotides, il s'avisa, pour le faire taire, de recourir à l'expérience de Galien, c'est-à-dire de lui couper les deux nerfs récurrents qui se présentaient à sa vue. Aussitôt l'animal fit de grands efforts pour respirer, se débattit d'une manière convulsive, et bientôt ne donna plus aucun signe de vie. Legallois dut rechercher dans le larynx la cause d'une mort aussi prompte, et il soupçonna que cette cause consistait dans une diminution subite et considérable de la glotte : le moyen qu'il employa pour vérifier ce soupçon fut de pratiquer une large ouverture à la trachée-artère, au-dessous du larynx, après avoir coupé les récurrents ou les nerfs pneumogastriques. L'air pouvant parvenir promptement dans les poumons par cette ouverture, sans passer par la glotte, tous les symptômes de suffocation qu'il avait observés ne devaient plus avoir lieu, si sa conjecture était fondée : l'expérience en démontra la justesse.

Legallois établit que la section des nerfs récurrents produit une suffocation de moins en moins marquée à mesure que les animaux s'éloignent de l'époque de leur naissance, et il donne pour raison de ce fait que l'ouverture de la glotte, relativement à la capacité pulmonaire, s'agrandit à mesure qu'on s'éloigne davantage de cette époque.

Le resserrement plus ou moins immédiat de la glotte, après la section des récurrents, étant un fait acquis à la science, pouvons-nous en déterminer la cause ?

Examine-t-on, sur l'animal vivant, l'intérieur d'un larynx privé de ces nerfs, à chaque mouvement inspiratoire un peu intense on voit la glotte se fermer ou tendre à se fermer, au lieu de s'ouvrir, comme il arrive à l'état normal dans ce

(*) Je donnerai plus loin d'autres preuves expérimentales à l'appui de celles que j'ai déjà citées, pour démontrer qu'en effet la contraction de l'*aryténoïdien* dépend exclusivement des nerfs laryngés inférieurs.

(1) Tome I de ses *Œuvres*, p. 170 et suiv., avec des notes de PARISET. Paris, 1830.

temps de la respiration; et l'on reproduit facilement cette tendance à l'occlusion, lorsque, ayant adapté un soufflet à la trachée-artère d'un animal mort, on vient à aspirer l'air par la glotte. Au contraire, cette tendance est contre-balancée, dans l'état de vie normal, par l'action des deux *crico-aryténoïdiens postérieurs*, muscles essentiellement inspirateurs, qui, en se contractant, tiennent les lèvres de la glotte écartées, et préviennent ainsi l'effet de la pression atmosphérique, lors de chaque mouvement d'inspiration. C'est donc évidemment surtout à la paralysie de ces muscles, à celle de la plupart des muscles laryngés et à la pression atmosphérique, que doit être rapportée l'occlusion plus ou moins complète de la glotte, puisqu'on reproduit à volonté ce phénomène sur des larynx privés de vie, et par conséquent de toute action musculaire. — Cependant Magendie enseigne que ce sont certains muscles, agissant encore après la section des récurrents, qui tendent à occlure la glotte: ayant rappelé les expériences dans lesquelles, après cette section, on avait vu les bords de cette ouverture se rapprocher tellement, que la mort s'en était suivie, ce physiologiste ajoute: « A l'époque où ces observations ont été faites, il n'était guère possible de se rendre rigoureusement raison de ces phénomènes; *mais depuis que j'ai fait connaître la manière dont les nerfs récurrents et laryngés se distribuent aux muscles du larynx, cela ne présente plus de difficulté*. Par la section de la huitième paire, à la partie inférieure du cou (ou des récurrents qui n'en sont que les divisions), les muscles dilatateurs de la glotte sont paralysés; cette ouverture ne s'élargit plus dans l'instant de l'inspiration, tandis que les *constricteurs qui reçoivent leurs nerfs des laryngés supérieurs* conservent toute leur action et ferment plus ou moins complétement la glotte (1). » Il s'agit, en dernier lieu, des muscles crico-thyroïdiens et aryténoïdien; et, afin que le lecteur évite toute méprise sur l'action de celui-ci, dont la contraction serait sous l'influence du laryngé supérieur, il est dit ailleurs: « L'effet de cette contraction est tel, qu'il fait périr asphyxiés les jeunes animaux auxquels les nerfs récurrents ont été coupés (2) ».

Ainsi, dans ces passages, nous trouvons deux assertions : 1° le muscle aryténoïdien est animé par les laryngés supérieurs; 2° c'est lui qui ferme plus ou moins complétement la glotte chez les animaux auxquels on a retranché les nerfs récurrents.—Ces deux assertions sont tellement connexes, qu'avoir démontré l'inexactitude de la première, c'est aussi avoir annulé la seconde. M'attachant donc surtout à la première, je rappellerai d'abord l'expérience dans laquelle, en galvanisant sur le chien, le cheval, le bœuf, etc., le rameau laryngé supérieur interne, dans le point le plus voisin de l'aryténoïdien, je n'ai point obtenu de contractions dans ce muscle, tandis que celles-ci ont éclaté avec force quand le galvanisme a été appliqué à un certain rameau des récurrents qui sera mentionné plus bas; par conséquent, nous serions déjà autorisé à conclure de ces expériences qu'il n'est pas permis d'avancer que l'aryténoïdien se contracte sous l'influence du laryngé supérieur. Mais voici encore d'autres preuves pour les esprits plus difficiles à convaincre: je divise durant la vie, chez le chien, la membrane thyro-hyoïdienne, et avec elle les *deux rameaux laryngés internes*, que l'on suppose faire contracter le muscle aryténoïdien, puis je renverse le larynx au-devant du cou de l'animal, en évitant avec grand soin la lésion des récurrents; alors les mouvements de la glotte peuvent être étudiés avec facilité. On la voit se dilater à chaque inspiration; mais

(1) *Précis élém. de physiol.*, 1836, t. II, p. 254.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 195.

l'air est-il violemment expiré et un cri se fait-il entendre, le resserrement de la glotte devient très manifeste, *et les cartilages aryténoïdes se rapprochent avec force.* Or, de l'aveu de tous les physiologistes, il n'y a que le muscle aryténoïdien qui puisse déterminer un tel rapprochement de ces cartilages; ce muscle n'est donc pas paralysé, et, puisque j'avais coupé les laryngés supérieurs internes, ce ne sont point eux qui excitent sa contraction : *les récurrents animent donc à la fois les muscles qui resserrent et ceux qui dilatent la glotte.* Aussi venons-nous de voir cette ouverture conserver intacts ses mouvements de resserrement et de dilatation après la section des laryngés supérieurs, qui, dans notre opinion, font contracter, parmi les muscles intrinsèques du larynx, seulement ceux qui tendent les cordes vocales (*muscles crico-thyroïdiens*).

Dès lors, l'expérimentation nous démontre que la première proposition, « *les laryngés supérieurs animent l'aryténoïdien,* » doit être rejetée. Mais, au contraire, la section des récurrents paralysant le muscle aryténoïdien, il pourra paraître superflu de prouver, contre le sentiment de Magendie (1), qu'après cette opération *l'occlusion de la glotte ne saurait être l'effet de la contraction de ce muscle.* Voici néanmoins l'expérience qu'à ce propos j'ai cru devoir instituer. Je divise d'abord les deux nerfs laryngés supérieurs, puis le larynx est attiré en avant de manière que les mouvements alternatifs de la glotte puissent être aperçus dans toute leur intégrité : alors, coupe-t-on un laryngé inférieur, ceux-ci n'ont plus lieu du côté correspondant, et l'ouverture de la glotte diminue de moitié; ces mouvements cessent tout à fait après qu'on a coupé les deux nerfs laryngés inférieurs, et la glotte s'efface plus ou moins complétement (*), par le rapprochement de ses lèvres, toutes les fois que l'animal fait une inspiration. Or, quels peuvent être ici les agents musculaires de cette occlusion : dira-t-on encore que c'est l'aryténoïdien ou quelque autre constricteur ? Mais ne voit-on pas que, dans cette expérience, j'ai supprimé les quatre nerfs laryngés, et qu'ainsi tous les muscles propres au larynx sont frappés de paralysie ? — Puisque, d'une part, sur le vivant, l'occlusion de la glotte s'effectue en l'absence des forces musculaires, et que, d'autre part, d'après le procédé déjà indiqué, on la reproduit à volonté sur le larynx d'un animal mort, force est bien de reconnaître que la théorie en discussion ne saurait être admise. Celle que nous adoptons a été exposée plus haut.

— Comme Legallois, j'ai constaté que le resserrement de la glotte, et par conséquent la suffocation, qui résultent de la section des récurrents, sont beaucoup plus marqués chez les jeunes animaux que chez ceux qui sont plus avancés en âge.

Cela m'a conduit à donner une explication nouvelle de cette différence si tranchée, explication fondée sur des observations directes (2). Et d'abord, rappelons qu'il y a lieu de distinguer dans la glotte, 1° une partie antérieure ou *interligamenteuse ;* 2° une partie postérieure ou *intercartilagineuse ;* notons encore que les dimensions relatives de ces deux portions varient selon l'espèce, mais surtout suivant l'âge des animaux. En effet, chez l'homme adulte, la seconde représente seulement le tiers environ de la glotte; tandis que, dans les espèces

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 295; t. II, p. 354.

(*) Suivant l'âge et même selon l'espèce des animaux.

(2) LONGET, *Rech. expérim. sur les fonctions des muscles et des nerfs du larynx, etc.* (*Gaz. méd. de Paris*, 1841).

que j'ai étudiées à l'état adulte (cheval, bœuf, mouton, chien, chat et lapin), elle constitue environ la moitié postérieure de cette ouverture. En examinant comparativement le larynx de l'homme et celui de ces animaux (le cheval excepté), à une époque rapprochée de la naissance, je me suis convaincu que l'espace intercartilagineux est infiniment petit relativement à l'espace interligamenteux, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Il résulte donc de cette disposition anatomique que, dans le jeune âge, les côtés de la glotte sont pour ainsi dire entièrement membraneux, et bordés, dans une étendue infiniment petite, par des cartilages d'ailleurs extrêmement mous et faciles à affaisser. Comme conséquence d'une pareille disposition, après la paralysie des crico-aryténoïdiens postérieurs, qui succède à la section des récurrents, on devra nécessairement observer, lors d'une inspiration, le contact facile et immédiat des bords glottiques dans toute leur longueur; car ces muscles dilatateurs étaient les seules forces qui pussent, en tenant la glotte ouverte, résister à la pression atmosphérique lors du mouvement inspiratoire. Mais, dans un âge plus avancé, les crico-aryténoïdiens postérieurs ne sont plus les uniques agents qui, dans ce temps de la respiration, préviennent l'occlusion de cette ouverture; alors, en effet, dans son état de repos, la glotte prend la configuration suivante: elle se termine en pointe antérieurement; s'élargit en arrière, et offre un léger rétrécissement dans son milieu, rétrécissement qui est dû aux apophyses aryténoïdiennes antérieures, actuellement très développées et même un peu recourbées en dedans. Les muscles crico-aryténoïdiens latéraux viennent-ils à se contracter, ou, le larynx étant paralysé, la pression atmosphérique intervient-elle, les sommets de ces apophyses se rapprochent, se touchent même, comme je l'ai démontré par des expériences directes: la glotte interligamenteuse est, dans ce cas, rétrécie ou occluse, tandis que la glotte intercartilagineuse demeure ouverte et circonscrite par des bords curvilignes, résistants, cartilagineux, susceptibles même de devenir osseux avec les progrès de l'âge. L'air pourra donc continuer à traverser ce dernier orifice, à parois peu compressibles et mal vibrantes: de là, selon moi, le peu de gêne dans la respiration qu'entraîne la section des récurrents, chez les animaux adultes et surtout âgés; de là aussi l'impossibilité pour eux, comme je l'ai reconnu, de produire des sons aigus après cette opération.

—Un fait assez digne d'intérêt s'est encore révélé à mon examen, en observant les animaux qui avaient subi l'excision des nerfs laryngés inférieurs; je veux parler de l'*accroissement numérique des inspirations*, dans un temps donné. Assurément, on peut établir qu'alors la respiration est toujours plus fréquente; seulement diverses circonstances, et surtout l'âge, m'ont paru apporter de très grandes différences dans les résultats. Le nombre des inspirations qui, chez un chien *adulte*, est de 18 à 20 par minute, s'élève, après l'opération, à une moyenne de 30 à 32; tandis que chez les chiens âgés seulement à peu près de trois mois, et qui, dans une minute, respirent 22 à 25 fois, on peut compter jusqu'à 48 inspirations. Le lapin adulte, qui fait de 40 à 50 inspirations dans le temps indiqué, peut en offrir jusqu'à 100 et même 108. Il faut faire toutes ces observations sans que les animaux s'aperçoivent, pour ainsi dire, qu'on s'occupe d'eux; autrement la respiration se précipite encore, devient suspirieuse, comme quand on les force à marcher et surtout à courir, ce qui, dans ce dernier cas, les fait tomber quel-

quefois comme suffoqués (*). — Nous croyons facile de trouver la cause pour laquelle les animaux, après la section des récurrents, respirent plus vite qu'à l'état normal : la glotte n'a-t-elle pas naturellement des dimensions ainsi calculées, qu'elle livre passage à la quantité d'air indispensable pour convertir, dans un temps donné, telle quantité de sang veineux en sang artériel et nutritif? Dès lors, si, après cette opération, ces dimensions sont par exemple moitié moindres, il est clair que, pour établir une compensation, le nombre des inspirations devra devenir deux fois plus considérable.

Malgré la précipitation qu'occasionne, dans les mouvements respiratoires, la paralysie des récurrents, la vie peut-elle être encore de longue durée? Si nous éliminons tous les cas dans lesquels la glotte s'est immédiatement rétrécie assez pour gêner en peu de temps l'hématose, nous dirons qu'en particulier les chiens *adultes* ne sont point assez incommodés de la section des récurrents pour en périr. En effet, ceux que nous avons conservés pendant cinq semaines ont joui, durant ce laps de temps, d'une très bonne santé; après les avoir tués, nous avons trouvé leurs poumons parfaitement perméables et exempts de toute trace d'engouement.

De tout ce que nous venons de dire touchant l'influence variable des récurrents sur le degré d'ouverture de la glotte, il résulte que, pour apprécier les effets de la section des pneumogastriques sur les viscères de la poitrine en particulier, il faut bien connaître d'avance ceux de la section des récurrents eux-mêmes. Nous reviendrons sur cette importante remarque.

— Dans le but de déterminer par la voie expérimentale l'action des divers muscles propres au larynx, j'ai *électrisé isolément* chacune des divisions principales du nerf récurrent (1) : ici je me bornerai à démontrer, à l'aide de ce procédé mis en usage depuis par d'autres expérimentateurs, que la contraction de l'*aryténoïdien* est bien soumise aux nerfs laryngés inférieurs et non aux supérieurs; ce sera seulement une preuve de plus à ajouter à celles que j'ai déjà produites à

qui suit, dans certains cas, la section de ces nerfs, soit due aux muscles constricteurs qui conserveraient encore leur action (*).

Le pincement et la section des nerfs laryngés inférieurs ont été à peine sentis par les divers animaux qui ont servi à nos recherches.

Action sur la trachée, les bronches et les poumons.

La trachée, les bronches et leurs divisions sont tapissées par une membrane muqueuse doublée, en dehors, par une couche de fibres contractiles qui sont visiblement musculaires chez les grands animaux (1). — C'est le tronc mixte du nerf vague (huitième paire) qui préside à la *sensibilité* de l'une, à la *contractilité* de l'autre.

En effet, 1° après avoir versé quelques gouttes d'eau dans la trachée-artère d'un chien, ce qui provoque une toux plus ou moins convulsive, lui divise-t-on au cou les deux nerfs précédents, et même alors remplace-t-on l'eau par un acide concentré, l'animal ne tousse plus et ne manifeste aucune sensation douloureuse par suite de la cautérisation de sa muqueuse respiratoire; 2° chez le cheval et chez le bœuf, j'ai vu, à l'aide de la loupe, des divisions bronchiques assez fines se contracter sous l'influence de faibles courants électriques appliqués aux rameaux mêmes de la huitième paire (**), et mon observation a été confirmée par les expériences plus récentes de Volkmann (2).

— Outre la sensibilité générale dont nous venons de parler, la muqueuse respiratoire offrirait, selon quelques auteurs, d'autres modes de sensibilité plus directement liés à la respiration.

Suspendez votre respiration, et bientôt vous serez en proie à une vive anxiété due à la non-satisfaction d'un besoin impérieux; l'introduction de l'air sera réclamée avec urgence, en vertu d'une sensation interne désignée sous le nom de *besoin de respirer;* puis l'air, une fois introduit et devenu impropre à l'hématose, donnera lieu à une autre sensation interne qui sollicitera l'expulsion de ce même fluide (*besoin d'expirer*) : d'où il suit que chaque temps respiratoire est précédé d'une sensation particulière qui en commande impérieusement l'exécution.

Le nerf pneumogastrique ou vague a-t-il de l'influence sur ces sensations internes, comme sur la sensibilité générale de la muqueuse pulmonaire? Rolando (3), Broussais (4), Brachet (5), Andrieu (6), F. Arnold (7), etc., admettent qu'elles

(*) Quant à l'occlusion de la glotte qui accompagne la déglutition, le vomissement, les efforts, etc., j'ai déjà dit, en étudiant *la branche interne* du spinal, quels sont ses véritables agents musculaires.

Pour les détails, voyez mon mémoire ayant pour titre : *Rech. expérim. sur les fonct. de l'épiglotte, et sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination* (*Arch. génér. de méd.*, 1841).

(1) REISSEISEN, *Ueber den Bau der Lungen*. Berlin, 1822. — EBERHARD, *De musculis bronchialibus*. Marburgi, 1817.

(**) KRIMER (*Untersuchungen über die nächsten Ursachen des Hustens*, p. 942), et WEBER (*Untersuch. über den Kreislauf*, p. 70), ont vu les fibres contractiles des bronches réagir sous l'influence *immédiate* des irritants mécaniques ou électrique; mais, ayant expérimenté sur des animaux d'une taille médiocre (chiens ou cabiais), ils n'avaient pas songé à appliquer, comme je l'ai fait, ces irritants aux divisions mêmes du nerf vague.

(2) *Nervenphysiologie* in R. WAGNER'S *Handwörterb. der Physiol.*, 1845, t. II.
(3) Extrait dans *Arch. génér. de médec.*, t. V.
(4) *Journ. univ. des sc. médic.*, t. XII, et *Traité de physiol. path.*, t. II.
(5) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 1837, 2e édit., article *Respiration*.
(6) *Thèse inaug.* Strasbourg, 1837, 2e série, n° 7, t. LIII.
(7) Dans *Arch. génér. de médec.*, août 1840, p. 346.

sont *toutes* abolies, après la section de cette paire nerveuse. Mais, si le besoin de respirer ne se fait plus réellement sentir, pourquoi les mouvements de la respiration persistent-ils ? Brachet les rapporte à l'habitude contractée par le système nerveux de faire mouvoir les muscles respirateurs. Quoiqu'une pareille interprétation, d'ailleurs admise par Arnold, mérite à peine d'être combattue, je dirai néanmoins que, souvent, chez les animaux, en coupant la cinquième paire dans le crâne, j'ai supprimé, avec la sensibilité générale et spéciale de l'œil, la sensation du besoin de cligner, et qu'alors les mouvements de clignement, qui, dans la théorie que j'examine, auraient dû encore se produire par l'effet de l'habitude, n'ont jamais été observés. Qu'on ne vienne pas objecter que les cas ne sont point assimilables. Leur analogie est plus grande qu'on ne le suppose : car, si les deux sortes de mouvement dont il s'agit, de respiration et de clignement, sont modifiables dans leur rhythme par la volonté, ils ne peuvent être suspendus, au delà d'un terme très court, par la seule intervention directe de cette force; aussi ces mouvements appartiennent-ils à la classe de ceux qu'on nomme *semi-volontaires*, et que l'on fait en partie dépendre du *pouvoir réflexe* ou excito-moteur de l'axe cérébro-spinal.

Marshall-Hall (1) pense qu'après qu'on a divisé la paire vague, la respiration, devenue exclusivement volontaire, s'entretient par l'action des lobes cérébraux ; ce qui revient à dire que l'animal respire encore parce qu'il *veut* respirer. Après l'ablation des lobes cérébraux, la paire vague demeurant intacte, la respiration continuerait, non plus comme acte volontaire, mais comme acte dépendant du *système excito-moteur* par l'entremise de cette paire nerveuse. Vient-on à supprimer à la fois le concours des lobes cérébraux et des deux pneumogastriques, les mouvements respiratoires cesseraient, selon Marshall-Hall, parce qu'ils ne sauraient plus se produire ni sous l'influence volontaire, ni sous l'influence excito-motrice. — A cette théorie, je n'ai qu'un mot à répondre, c'est que j'ai vu *constamment* la respiration persister en l'absence simultanée des lobes cérébraux et des nerfs pneumogastriques.

Si, après la section des deux pneumogastriques, les mouvements respiratoires ne sont point arrêtés, c'est, selon nous, parce que la sensation du besoin de respirer est loin d'être abolie : du reste, notre sentiment ne manquera point d'être partagé par quiconque aura été témoin attentif de l'état d'anxiété et d'angoisse auquel sont en proie les animaux (chiens) dont les nerfs vagues viennent d'être excisés ; il est clair que les efforts qu'ils exécutent pour faire entrer le plus d'air possible dans leurs poumons ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une cause impulsive interne que nous ne supposons point être la volonté, mais bien le besoin persistant d'inspiration.

J. Reid (2) pense aussi que « la sensation d'anxiété que produit le besoin d'un nouvel air pour les poumons n'est point anéantie. » Burdach (3) et d'autres physiologistes émettent la même opinion.

A la vérité, depuis Valsalva (4), beaucoup d'expérimentateurs, au nombre desquels je citerai surtout Dumas (5), de Blainville (6), Dupuy (7), Broughton (8),

(1) *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. VII, *Zool.*, 1837, p. 361.
(2) *Gaz. méd.*, 1838.
(3) Tome IX de sa *Physiol.*, trad. de Jourdan, article *Respiration*.
(4) 13e lettre, *Anatom.* de MORGAGNI, art. 30, édit. des *Œuvres* de VALSALVA.
(5) *Biblioth. médic.*, 1809, t. XXIV, p. 3.
(6) *Dissert. inaug.*, 1808, n° 114.
(7) *Journ. génér. de méd.*, t. XXXVII et t. LXXI.
(8) *Journ. de physiol. expérim.*, t. I, p. 120.

Mayer (1), ont observé, après avoir divisé les nerfs vagues, la *diminution du nombre des inspirations ;* nous-même, en la constatant bien des fois sur des lapins, et principalement sur des chiens, avons noté que ce nombre baissait d'autant plus que, pour eux, la mort était plus proche. Toutefois, comme le chiffre des mouvements inspiratoires diminue peu d'instants après l'opération, il n'est pas possible de rapporter, au moins d'abord, la cause de ce remarquable phénomène à l'affaiblissement des animaux.

Pour s'expliquer comment, d'une part, après la section des pneumogastriques, les mouvements respiratoires sont conservés, et comment, d'autre part, ils sont néanmoins devenus plus rares, ne pourrait-on pas, tout en reconnaissant la persistance du besoin de respirer, en placer le siége et la condition essentielle, non à la surface muqueuse pulmonaire, mais dans les centres nerveux, et admettre, en même temps, que ce besoin doit devenir plus actif, plus impérieux, sous l'influence d'impressions qui, partant de la muqueuse respiratoire, sont transmises à ces centres par les pneumogastriques ? Si donc on interrompt cette paire nerveuse dans son trajet, l'impression excitatrice de l'air n'étant plus perçue, le besoin d'inspirer pourra s'amoindrir, et, par conséquent, exigera des mouvements d'inspiration moins souvent répétés.

Quant à l'hypothèse dans laquelle le nerf grand sympathique est aussi regardé comme propre à transmettre à un centre perceptif l'impression de l'air sur la muqueuse des poumons, et comme apte, par cette raison même, à exciter le besoin respiratoire, quoique aucune preuve expérimentale ou autre ne la confirme, on n'est peut-être pas suffisamment autorisé à la rejeter d'une manière absolue.

Mais, nous l'avons dit, il est une portion circonscrite de l'axe cérébro-spinal, dont la destruction annule sur-le-champ toutes les puissances respiratrices : cette portion, que nous avons trouvée à la hauteur du bulbe rachidien, ne peut-elle pas, à bon droit, être considérée comme le siége du besoin de respirer, et le point central vers lequel convergent les impressions faites à la muqueuse pulmonaire? Pour annihiler ce besoin, de la satisfaction duquel dépend la vie, on conçoit donc qu'il ne faudrait pas seulement, comme le supposent à tort quelques auteurs, couper les nerfs vagues, mais qu'il faudrait détruire le bulbe rachidien lui-même.

— Les nerfs vagues semblent n'exercer qu'une action très indirecte sur l'*hématose*. Si, après leur section, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes qui se développent dans les appareils respiratoire et circulatoire, et non dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. — Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi être pris en sérieuse considération.

C'est ici surtout qu'il est de la plus haute importance de rappeler le mode d'agir des nerfs récurrents sur la glotte ; car, en n'en tenant pas compte, on ne manquerait point d'arriver à des inductions différentes sur le rôle des pneumogastriques dans l'hématose. En effet, coupez-les pour rechercher leur action sur elle, et négligez le rétrécissement de la glotte dû à la paralysie des récurrents : parce que le sang, au lieu de jaillir rouge et rutilant par l'ouverture béante d'une artère, en sortira foncé et presque noir, vous en déduirez l'intervention nécessaire et

(1) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, 1826, t. XXVI, p. 110.

directe des pneumogastriques dans la révivification du sang veineux; tandis que d'autres expérimentateurs, qui auront d'abord neutralisé les fâcheux effets de la section des récurrents en pratiquant la trachéotomie, émettront une opinion opposée à la vôtre. Les assertions de Dupuytren (1), qui, dans ses expériences, ne fit point cette opération préalable, furent combattues par Dumas (de Montpellier), et surtout par Legallois, qui démontrèrent que, dans les cas observés par l'illustre chirurgien, le trouble immédiat de l'hématose avait dépendu de l'introduction d'une quantité d'air insuffisante dans les voies respiratoires, *rétrécies au niveau du larynx*. Cette dernière remarque appartient exclusivement à Legallois; car Dumas n'avait aucunement déterminé le siége et la nature de l'obstacle qui, alors, s'oppose au libre accès de l'air dans le tissu des poumons.

Ce libre accès étant ménagé, il est incontestable qu'après la section des pneumogastriques, le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la *coloration du sang artériel;* que l'air est d'abord vicié, comme avant l'opération; que l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc. Toutefois ces faits ne sauraient autoriser à conclure *avec certitude* que la sanguification artérielle puisse s'effectuer d'une manière complète sans le concours du système nerveux; car, en admettant qu'un pareil résultat fût possible en l'absence des pneumogastriques, il faudrait toujours tenir compte de l'influence possible du grand sympathique, qui, à cause de la disposition même de ce nerf, ne peut être constatée.

Beaucoup d'observateurs, ayant eu occasion de couper les nerfs pneumogastriques, ont reconnu, après la mort, la présence d'un épanchement écumeux dans les bronches et d'un engorgement sanguin du tissu pulmonaire (*).

De plus, j'ai vu constamment (2), et d'autres expérimentateurs ont confirmé mes observations, l'*emphysème pulmonaire* se joindre à ces altérations, ou *même parfois se manifester isolément*, soit dans un seul poumon, l'autre étant engoué, soit dans les deux à la fois, et, dans ce dernier cas, la mort survenir par défaut

(1) *Expériences touchant l'influence que les nerfs pneumogastriques exercent sur la respiration* (*Biblioth. méd.*, 1807, t. XVII, p. 1).

(*) Pour la description détaillée de ces altérations et leur mode de développement, voyez notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 209 et suiv.

D'après ses expériences, TRAUBE (*Beiträge zur experim. Physiol. und Pathol.*, Heft 1, Berlin, 1846) soutient que les altérations de l'appareil respiratoire qui succèdent à la section de la paire vague sont dues *exclusivement* à l'introduction, dans cet appareil, de la salive et des mucosités du pharynx, ou encore de parcelles alimentaires. — MENDELSSOHN (*Der Mechanismus der Respirat. und Circulat.*, etc., Berlin, 1845) affirme que ces altérations reconnaissent pour cause première le resserrement de la glotte, qui s'oppose au libre accès de l'air dans les poumons.

Ces deux assertions nous paraissent beaucoup trop absolues et contraires aux faits : il est certain que quand bien même on a pratiqué la trachéotomie et adapté à la trachée une canule configurée de manière à prévenir l'introduction de tout liquide ou solide dans les bronches, les altérations du poumon ne s'en manifestent pas moins. SCHIFF surtout (*Tubing. Archiv*, 1847 et 1850) s'est appliqué à réfuter, à l'aide d'expériences variées, les opinions des précédents observateurs.

Pour SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, Lahr, 1858-59, p. 406 et suiv.), l'engorgement sanguin du tissu pulmonaire, et les épanchements interstitiels qui en sont la conséquence, résultent de la dilatation paralytique des vaisseaux, due elle-même à la section des nerfs *vaso-moteurs* contenus dans le tronc du pneumogastrique. WUNDT (MÜLLERS'S *Arch.*, 1855) et ARNSPERGER (*Arch. für pathol. Anat. und Physiol.* de VIERORDT, IX, 1856) partagent la manière de voir de SCHIFF.

Nous croyons devoir rappeler que la précédente altération ne nous a pas paru constante, et que nous avons vu un assez grand nombre de chiens *adultes* mourir sans la présenter : à l'autopsie, nous trouvions le plus souvent, dans ces cas, un *emphysème* presque général *des poumons*.

(2) *Note sur une nouvelle cause d'emphysème pulmonaire* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842).

d'hématose, comme si les organes pulmonaires eussent été généralement engorgés. Voici comment je m'explique le développement de la lésion précédente et ses graves conséquences :

L'expiration, quoique puissamment aidée par l'affaissement du thorax, aurait été impropre à chasser l'air et les mucosités des dernières divisions des bronches, si, à l'élasticité de ces conduits, qui ne peut les ramener qu'à leur diamètre naturel, n'eût été adjointe l'action d'un tissu musculaire et contractile qui, les resserrant au-dessous de ce diamètre, concourt à les vider plus complétement. Un pareil concours était peut-être d'autant plus indispensable que l'air, qui persiste dans les parties les plus profondes du parenchyme pulmonaire, étant chargé d'acide carbonique, est plus dense et plus difficile à expulser. Or, j'ai déjà démontré, par une expérience directe, que la contraction des fibres musculaires des bronches est soumise à l'influence de la huitième paire : si l'on divise cette paire nerveuse, les fibres précédentes, qui forment comme des muscles respirateurs internes, sont donc dépossédées de leur activité propre; d'où il résulte que de l'air va séjourner dans les divisions bronchiques, dont d'ailleurs la seule élasticité, quoique persistante, ne saurait évidemment suffire à son expulsion. Dès lors, ne se débarrassant plus de cet air qui augmente de plus en plus, en même temps qu'il se dilate, les aréoles pulmonaires finissent par se laisser distendre outre mesure et quelques-unes même par se rompre. Puis le sang, qui parcourt le réseau capillaire du poumon, au lieu d'être en contact médiat avec un air incessamment renouvelé et capable de lui fournir le principe de sa révivification, finit lui-même, au bout d'un certain temps, par n'être plus guère en rapport qu'avec de l'acide carbonique (l'eau de chaux nous en a dénoté la présence) ; et l'animal, comme s'il était plongé dans une atmosphère chargée de ce dernier gaz, doit bientôt cesser de vivre, *parfois même avant que le trouble circulatoire du poumon vienne engouer ou oblitérer les aréoles de cet organe.*

Ainsi, les fibres contractiles du poumon (qui sont sous la dépendance des pneumogastriques) ne dussent-elles pas réagir à chaque expiration ordinaire, faute d'une action rhythmique qu'on pourrait leur contester, qu'elles ne nous en paraîtraient pas moins nécessaires à l'expulsion des mucosités bronchiques, au renouvellement de l'air, partant à la *perméabilité* du poumon et à l'entretien régulier de la fonction respiratoire.

Un trouble partiel dans l'innervation de la huitième paire de nerfs ne pourrait-il pas expliquer certains emphysèmes pulmonaires qu'on observe dans l'espèce humaine, et qui ne sont liés à aucune altération organique appréciable ?

Mayer, de Bonn (1), se fondant sur les résultats constants de ses autopsies, a été conduit à voir dans la *fluidité du sang* un produit de l'action des pneumogastriques, et il a attribué à l'abolition de l'influence de ces nerfs le développement des caillots qu'il a trouvés dans les vaisseaux pulmonaires : d'autres physiologistes ont prétendu que la coagulation du sang dans ces vaisseaux ou dans les cavités du cœur était un simple effet cadavérique.

Afin d'avoir une opinion arrêtée à ce sujet, je procédai comme il suit : au lieu d'attendre, comme les autres expérimentateurs, la mort des animaux (chiens) auxquels j'avais coupé la paire vague, je les tuai à différentes époques pour examiner

(1) *Mém. cit.*

immédiatement l'état du sang dans les poumons et le cœur. Au bout de vingt heures, dans les cas où *il n'y avait ni engouement pulmonaire ni emphysème*, j'ai toujours trouvé le sang très fluide. Après trente-six heures, quelques caillots noirs, très mous, peu volumineux, ayant la consistance de la gelée de groseille un peu fluente, ont été rencontrés dans les oreillettes, les ventricules du cœur, l'artère pulmonaire et l'aorte à leur origine; l'engorgement des poumons ou leur emphysème était alors manifeste dans certains points. Vers le troisième et surtout le quatrième jour, ces dernières lésions (et surtout l'engorgement pulmonaire) étant portées au plus haut degré, j'ai trouvé parfois des caillots assez solides, décolorés, jaunâtres, insinués entre les colonnes charnues des ventricules et des oreillettes; il y en avait quelques-uns dans les artères et les veines pulmonaires jusque dans leurs ramifications. Schiff (1) a confirmé mes observations, en expérimentant aussi sur des chiens. Il est donc démontré, pour nous, que ces concrétions sanguines, déjà mentionnées par Willis (2), Lower (3), Baglivi (4), Valsalva (5) et Emmert (6), peuvent se produire *antérieurement à la mort des animaux*. — Dès lors ne semble-t-il pas rationnel d'admettre qu'elles doivent concourir à la déterminer, en s'associant à d'autres causes? Reconnaissons toutefois, puisque nous avons vu des cas où la mort était survenue sans ces concrétions, qu'on ne saurait les considérer, avec Mayer, comme la produisant d'une manière constante et exclusive.

Action sur le cœur.

Budge (7), Ed. et E. H. Weber (8), Mayer (9), etc., ayant fait passer le courant énergique d'un appareil d'induction dans les pneumogastriques, chez des animaux de différentes classes, ont découvert un fait des plus remarquables : ils ont vu le cœur *suspendre aussitôt ses contractions*. Le nerf spinal (accessoire de Willis), irrité de la même manière vers ses racines, leur a paru exercer aussi cette curieuse influence. Quant à la galvanisation semblable du grand sympathique, au lieu d'arrêter les battements cardiaques, elle les accélère.

J'ai déjà dit que je n'avais pas été heureux dans les tentatives que je fis d'abord, sur des chiens, pour reproduire les résultats obtenus par ces physiologistes. Mais, plus tard, je pus reconnaître que l'emploi d'un appareil d'induction trop faible avait causé l'insuccès. Plus de doute, à mes yeux, qu'un courant énergique, passant par les nerfs pneumogastriques, ne suspende temporairement les battements du cœur. — Il ne me paraît guère possible de soutenir la théorie qui admet des nerfs dont l'excitation ferait cesser le mouvement des parties qu'ils animent. Il serait plus rationnel de croire que de pareils résultats s'expliquent par un épuisement nerveux momentané, dû au passage d'un courant énergique : en effet, chez un animal récemment tué, une galvanisation assez faible ou

(1) Mém. lu à la Soc. d'hist. nat. de Francfort-sur-le-Mein, en janvier 1847.
(2) *Cerebri anatom.*, etc. Amsterdam, 1664, p. 194, in-18.
(3) *Tractatus de corde*, 1708, p. 90 et seq.
(4) *Opera omnia*. Lugduni, 1710. — *Dissert. de anat.*, nos 7 et 8, p. 676 et seq.
(5) *Epist.* 13 *cit.*
(6) REIL'S *Arch. für Physiol.*, t. IX et XI.
(7) *Arch.* de ROSER et WUNDERLICH, 1846, t. V, p. 319 et 540. — R. WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.
(8) *Arch. d'anat. génér. et de physiol.* Paris, 1846, p. 9. — WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.
(9) FRORIEP'S *Notizen*, 1846, t. XXXVIII, n° 834, p. 314.

bien une simple excitation mécanique des nerfs vagues, au cou, peuvent parfois provoquer quelques contractions cardiaques partielles, comme s'il s'agissait de tout autre nerf en rapport avec un organe contractile quelconque (*).

Après l'arrachement des deux nerfs spinaux (accessoires de Willis), vient-on, *après plus d'une semaine*, à galvaniser le tronc du pneumogastrique, au cou, on ne voit plus les mouvements du cœur s'arrêter (Waller); ce qui tend à faire croire que la part d'influence de ce tronc nerveux sur le cœur devrait être rapportée spécialement à la branche interne ou anastomotique du nerf spinal.

Quoi qu'il en soit, on peut déjà conclure de ces faits que le tronc mixte du pneumogastrique, au cou, exerce une influence réelle sur les contractions cardiaques; mais cette conclusion est encore confirmée par les phénomènes insolites que présente le cœur, après qu'on a supprimé la précédente influence.

Valsalva, Petit, Molinelli, Dupuy, Broughton, et surtout Mayer, de Bonn (1), ont signalé l'*accélération des battements du cœur* comme accident consécutif de la division ou de la ligature des pneumogastriques. Ainsi, tandis que la respiration est ralentie, l'activité du cœur semble augmentée. « Ce dernier résultat, dit Mayer, est peut-être nécessaire pour pousser la quantité convenable de sang dans les vaisseaux pulmonaires, qui se remplissent de caillots, et qui, par conséquent, sont plus ou moins obstrués. » On ne saurait admettre l'explication de Mayer, puisque, en l'absence de ces caillots et de l'engouement pulmonaire, j'ai constaté cette sorte de suractivité du cœur; en outre, je suis en droit d'affirmer que ce phénomène ne dépend pas de la crainte ou des émotions qui pourraient agiter les animaux mis en expérience. En effet, après la section de la paire vague, chez les chiens spécialement, une anxiété turbulente se manifeste d'abord, mais elle est bientôt remplacée par l'abattement, par une tristesse morne et insouciante qui permettent d'appliquer la main sur la région précordiale, sans que ces animaux paraissent s'en apercevoir. Alors, au lieu de 60 à 70 pulsations normales, j'ai trouvé une moyenne de 150 : mais il faut surtout noter que les battements du cœur sont tremblotants, inégaux et moins énergiques que dans les conditions physiologiques ordinaires. Ces phénomènes s'observent le jour même, le lendemain, etc., de l'expérience, ce qui doit faire exclure l'idée de les regarder seulement comme des signes précurseurs de la mort.

Peut-être serait-il permis d'expliquer ces phénomènes de la manière suivante : Si, comme l'enseignait Boerhaave, le contact du sang avec la membrane interne du cœur est une cause excitatrice des mouvements de cet organe, il n'est guère possible de nier que les modifications du sang puissent changer ces contractions dans leur nombre, dans leur régularité; et l'on a admis que certaines maladies fébriles ne reconnaissent pas d'autres causes que les altérations du fluide sanguin : or, en vertu des raisons précédemment exposées, il arrive au cœur gauche, après la section des nerfs vagues, un sang imparfaitement artérialisé; celui-ci produit sur le viscère (riche encore en filets nerveux sympathiques), une impression pénible qui provoque des contractions plus répétées et tendant à expulser, de son

(*) Admettant que les nerfs *pneumogastriques* sont surtout les nerfs vasculaires du cœur, BROWN SÉQUARD (*Gaz. méd. de Paris*, 1853, p. 429) trouve qu'il est très simple d'expliquer l'expérience précédente de BUDGE et des frères WEBER : « Quand ces nerfs, dit-il, sont galvanisés, ils produisent la contraction des vaisseaux du cœur, et comme les battements du cœur dépendent des excitations qu'il reçoit du sang contenu dans ses vaisseaux, il est évident qu'il doit alors cesser de battre ». — Mais la plupart des physiologistes ne paraissent pas partager l'opinion de l'auteur de cette théorie, touchant la facilité d'expliquer les faits dont il s'agit.

(1) *Ouvr. cités.*

intérieur, un stimulus anormal, ainsi que cela arrive à l'intestin excité d'une manière antiphysiologique.

Action sur l'œsophage (*).

Une membrane muqueuse, offrant une sensibilité assez obtuse, tapisse l'intérieur de ce conduit : néanmoins une substance fortement âcre et irritante, un corps doué d'une température très élevée ou très basse, viennent-ils à le parcourir, on y ressent bientôt une impression de brûlure, de chaleur ou de froid, qui a pour agents de transmission des filets de la *portion ganglionnaire* du pneumogastrique.

Mais l'œsophage présente surtout des contractions qui poussent, accumulent, puis retiennent les aliments dans l'estomac : la force de ces contractions peut s'estimer par la pression qu'éprouve le doigt introduit, par l'estomac ouvert, dans l'extrémité inférieure de l'œsophage d'un animal vivant, ou encore par la résistance qu'il faut surmonter pour refouler les aliments dans ce conduit, en comprimant l'estomac sain d'un autre animal. Cette résistance finit par disparaître après la division de la paire vague : aussi la pression de ce dernier viscère par les parois abdominales et le diaphragme permet-elle l'ascension, dans la bouche et les fosses nasales, des matières contenues dans l'estomac ; d'où la titillation de la luette et de l'arrière-gorge, pour expliquer les nausées et les vomissements ; d'où aussi, quelquefois, le passage de ces matières dans les voies aériennes. Quoi qu'en disent quelques expérimentateurs, malgré la paralysie du canal œsophagien, des aliments peuvent encore parvenir dans l'estomac, ce qu'il est d'ailleurs facile de comprendre en tenant compte de la hauteur à laquelle on divise ordinairement les nerfs vagues, et de l'intégrité des filets nerveux qui continuent d'animer les muscles du pharynx. En effet, la section de ces nerfs se pratique généralement au-dessous des rameaux pharyngiens et même des laryngés supérieurs, ce qui explique comment les constricteurs pharyngiens, conservant leur action, peuvent s'emparer du bol alimentaire et le pousser, au moins d'abord, dans la partie supérieure de l'œsophage : après la déglutition pharyngienne d'un nouveau bol, le premier est repoussé plus loin, et ainsi de suite de proche en proche ; de manière qu'à l'aide de ce mécanisme, dû à la contractilité persistante du pharynx, la cavité stomacale peut encore recevoir des aliments.

Plus loin, en traitant de l'influence de la paire vague sur les mouvements de l'estomac, je rappellerai quelle est, suivant moi, l'origine réelle des filets nerveux moteurs de l'œsophage.

Action sur l'estomac.

I. Durant le travail de la chymification, l'estomac devient le siége de contractions dont l'existence ne saurait être révoquée en doute. Il importe donc, ce viscère recevant des rameaux du grand sympathique et du tronc mixte du nerf vague, de rechercher si l'influence nerveuse motrice lui est transmise par l'un des deux seulement, ou bien par l'un et l'autre à la fois.

Suivant Bichat (1), Tiedemann et Gmelin (2), Bischoff (3), Breschet et Milne

(*) Voyez plus haut, page 509 et suiv., pour tout ce qui se rapporte à l'action des pneumogastriques sur le *pharynx*.

(1) *Anat. génér.* Paris, 1812, 2e part., t. III, p. 360.

(2) *Rech. expérim. sur la digestion.* Paris, 1827, trad. de Jourdan, 1re part., p. 374.

(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 496.

Edwards (1), Valentin (2), etc., les mouvements de l'estomac dépendent du nerf vague ; ce qui est nié par Magendie (3), J. Müller (4), Dieckhoff (5) et d'autres.

A l'aide d'expériences variées et nombreuses, faites sur des chiens, je crois être arrivé à découvrir la cause de cette divergence d'opinions.

Après avoir ouvert le thorax et l'abdomen, j'ai irrité mécaniquement ou galvaniquement les cordons œsophagiens de la paire vague, d'abord séparés de l'œsophage ; et, sur un certain nombre de ces animaux, les contractions les plus manifestes ont eu lieu dans les parois de l'estomac, non pas instantanément, mais au bout de cinq à six secondes. J'ai vu parfois cet organe se partager, pour ainsi dire, en deux portions, l'une pylorique, l'autre splénique, et sa coarctation être portée à un tel point, qu'il était comme étranglé à l'aide d'un lien par son milieu : les aliments comprimés sortaient par le pylore. Au contraire, sur d'autres chiens, les mouvements de l'estomac ont été impossibles à apercevoir et ont paru manquer complétement, quoique je fisse usage du même mode d'irritation.

Profondément convaincu qu'en physiologie expérimentale l'inconstance des phénomènes tient surtout à ce qu'on ne se place pas toujours dans des conditions identiques, je m'appliquai à rechercher avec persévérance la cause des phénomènes différents que j'avais observés : bientôt je reconnus que, si l'irritation mécanique ou galvanique des cordons œsophagiens, *durant la chymification*, provoque dans les parois stomacales les mouvements les plus manifestes, au contraire ceux-ci manquent, malgré l'irritation indiquée, quand l'estomac est tout à fait vide, rétracté sur lui-même, et, en quelque sorte, au repos.

Ce fait semble établir que le nerf pneumogastrique ou vague est loin d'être toujours chargé de la même quantité de force nerveuse, que celle-ci augmente pendant la digestion stomacale : c'est, par conséquent, ce moment propice qu'il faut choisir pour expérimenter. Mais nos recherches peuvent surtout servir à rendre compte des résultats qu'ont obtenus des expérimentateurs également habiles, puisque les uns, sans y prendre garde, ont pu agir, lors de l'état de vacuité de l'estomac, et les autres pendant la réplétion et la réaction de l'organe, c'est-à-dire dans des conditions tout à fait différentes. Dans l'appréciation de ces différences, il ne faut pas non plus négliger la hauteur à laquelle les irritants ont été appliqués aux cordons nerveux ; car nul doute que les effets sont d'autant plus tranchés qu'on se rapproche davantage de l'estomac, pour agir sur les rameaux mêmes que la paire vague lui envoie (*).

Ainsi, dans des conditions déterminées, l'excitation de cette paire nerveuse donne incontestablement lieu aux contractions de l'estomac. En est-il de même quand l'excitation est dirigée sur le *grand sympathique?* Les grands et petits nerfs splanchniques, les ganglions semi-lunaires avec leurs nombreux rameaux divergents, telles sont les parties sur lesquelles il faut opérer pour résoudre cette question. On ne saurait évidemment songer à en faire la section ou l'excision sur des

(1) *Arch. génér. de méd.*, 1825, t. VII, p. 197.
(2) *De funct. nerv. cerebr. et nervi sympath.* Berne, 1830, p. 52.
(3) *Précis élément. de physiol.*, 1825, t. II, p. 108.
(4) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 322.
(5) *De actione quam nervus vagus in digestionem ciborum exerceat.* Berlin, 1835.

(*) *Nota.* — Il sera toujours facile à un observateur attentif et exercé de ne pas confondre les contractions succédant à la stimulation des nerfs vagues avec les mouvements vermiculaires qui, après l'ouverture de l'abdomen, se manifestent dans l'estomac aussi bien que dans les intestins, par suite du contact de l'air.

animaux vivants, et, par conséquent, on ne peut que leur appliquer les irritants mécaniques, chimiques ou galvanique, afin d'en déduire ici une action nulle ou réelle sur l'estomac : or, sur des chiens et des lapins, j'ai galvanisé ou mécaniquement excité, à bien des reprises différentes, les nerfs splanchniques, et quand cet organe était une fois immobile, je ne suis jamais parvenu à y réveiller les moindres contractions ; mêmes résultats négatifs en agissant sur les ganglions semi-lunaires (*). Du reste, si J. Müller (1), en versant une solution de potasse sur ces ganglions ou en galvanisant les nerfs splanchniques, a vu les mouvements de l'intestin s'accroître et prendre une grande vivacité, il n'a jamais observé des effets analogues sur l'estomac.

Des faits précédents, ne semble-t-il pas rationnel de conclure que les mouvements de ce viscère, durant la digestion, dépendent de la huitième paire et non des divisions indiquées du grand sympathique ? Cette conclusion est en effet celle que je tirai d'abord de mes expériences. — Aujourd'hui, en considérant, 1° que le tronc mixte de cette paire nerveuse et ses cordons œsophagiens en particulier renferment un grand nombre de fibres empruntées au grand sympathique, *bien au-dessus des nerfs splanchniques ;* 2° que ces mêmes cordons, excités par les agents mécaniques ou électrique, provoquent la réaction motrice de l'estomac seulement au bout de plusieurs secondes, réaction qui n'atteint son maximum qu'après que la cause stimulante a déjà été soustraite ; je ne puis m'empêcher de faire observer que ce dernier caractère fonctionnel, d'accord avec leur constitution anatomique, les rapproche de tous les autres rameaux moteurs émanés du grand sympathique, et les différencie essentiellement des nerfs moteurs cérébro-rachidiens qui, au contraire, suscitent *des contractions qui toujours commencent et cessent avec l'irritation elle-même.* Or, comme je l'ai constaté, ce sont des contractions de cette dernière nature qu'on observe dans le larynx, le pharynx et l'extrémité supérieure de l'œsophage, quand on irrite le *nerf spinal* à son origine. Je suis donc porté à admettre qu'ici, au contraire, la portion ganglionnaire du *pneumogastrique*, en rapport par ses filets propres seulement avec la sensibilité de l'estomac, s'associe des fibres motrices provenant du grand sympathique con-

principe nerveux se propage plus lentement dans les rameaux du grand sympathique que dans ceux des nerfs cérébro-rachidiens, il s'y tient surtout en réserve beaucoup plus longtemps. Aussi, après la section de la paire vague, l'œsophage (dans ses deux tiers inférieurs), au lieu de tomber presque aussitôt dans le relâchement comme les muscles animés par des nerfs de la vie animale, reste-t-il contracté assez longtemps pour gêner d'abord le passage du bol alimentaire dans l'estomac; aussi, encore plusieurs heures après la section de cette paire nerveuse, vers le milieu du cou, ayant contraint les animaux à avaler des aliments en assez grande quantité, ai-je constamment trouvé la portion supérieure de l'œsophage, qui est animée par un nerf de la vie animale (le *spinal*), énormément dilatée relativement à ses autres portions.

II. Pour que la *digestion stomacale* s'accomplisse, il faut, indépendamment des mouvements de l'estomac, une certaine température, et surtout la présence d'un liquide (*suc gastrique*) dans des proportions et avec des qualités déterminées.

Nous avons à rechercher quelle peut être l'influence du pneumogastrique sur cette importante fonction.

Et d'abord, la production du suc gastrique est-elle ou non sous la dépendance des nerfs de la huitième paire ou pneumogastriques? Brodie (1) Wilson Philip (2), Tiedemann et Gmelin (3), Cl. Bernard (4), etc., sont pour l'affirmative, et Brachet (5), Mayer (6), F. Arnold (7), etc., pour la négative.

Voici les résultats des expériences que j'ai entreprises en vue de ce problème:

Un jour et quelquefois deux jours après la résection de la huitième paire, au cou, j'ai fait boire du lait à des chiens qui déjà avaient jeûné pendant vingt-quatre ou trente-six heures avant l'opération, et constamment ce liquide s'est tout d'abord caillé en totalité ou en partie, soit qu'il ait été partiellement vomi quelque temps après son ingestion, soit qu'il ait été retenu en totalité dans l'estomac. Je n'ai pu d'ailleurs constater la moindre différence entre ce qui avait lieu, dans ce dernier cas, et ce que j'observais sur les chiens intacts me servant de termes de comparaison; en effet, dans l'un et l'autre cas, les vaisseaux chylifères étaient plus ou moins remplis d'un chyle lactescent. Cette expérience (confirmée par d'autres expériences beaucoup plus probantes qui sont rapportées dans notre chapitre *Digestion*), tend au moins à faire supposer que l'activité spéciale de la *pepsine* ou de l'acide du suc gastrique n'était point diminuée.

Sur d'autres animaux vivants de la même espèce, qui, la veille, avaient subi la précédente opération, après avoir incisé l'estomac et l'avoir débarrassé en certains points de son enduit muqueux, j'ai vu, à la suite d'un léger frottement ou de l'emploi de l'électricité, suinter de ces mêmes points un liquide *à réaction acide* très prononcée. Surtout depuis 1842 (*), je n'ai jamais manqué de reproduire ces faits dans mes cours de vivisections.

Mais, dans d'autres expériences comparatives, faites sur des chiens dont les uns

(1) *Philos. Transact.*, 1814.
(2) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Functions*, etc. London, 1818, 2e édit.
(3) *Rech. expérim. sur la digestion*. Paris, 1827, 1re part., p. 374.
(4) *De l'influence des nerfs de la huitième paire sur les phénomènes chimiques de la digestion*, 20 mai 1844.
(5) *Rech. expérim. sur le syst. nerv. gangl.*, 1837, 2e édit., p. 262.
(6) *Zeitschrift für Physiol.*, von TIEDEMANN, etc., 1826, t. II, n° 1.
(7) *Bemerkungen über den Bau des Hirns und Rückenmarkes*, etc. Zurich, 1838, p. 142.
(*) Époque de la publication de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

avaient le pneumogastrique intact et dont les autres avaient subi la résection de cette paire nerveuse depuis vingt-quatre heures, il m'a été facile de reconnaître *de visu*, à l'aide d'excitations portées directement sur la muqueuse de l'estomac mise à découvert, que, chez ces derniers, les *gouttelettes* de fluide gastrique étaient moins abondantes.

J'ai déjà eu occasion de faire remarquer (page 486) qu'après la section intracrânienne du trijumeau, la salive et les larmes étaient aussi sécrétées en moins grande abondance. Je m'empresse d'ajouter que, d'observations pathologiques suffisamment nombreuses, il résulte que la part d'influence exercée ici par le pneumogastrique ou par le trijumeau ne semble pas devoir être attribuée *directement* à leurs fibres sensitives. En effet, il n'est pas rare de voir les maladies isoler, dans le trijumeau en particulier, le rôle des fibres sensitives de celui qui est dévolu aux fibres nerveuses *vaso-motrices*, c'est-à-dire qu'il peut y avoir anesthésie absolue des muqueuses sensoriales (oculaire, nasale, buccale en partie), et néanmoins persistance des sécrétions propres à ces muqueuses ou aux glandes qui leur sont annexées (*). Il en est de même de la muqueuse de l'estomac, rendue insensible par la section des pneumogastriques : elle peut, sous l'influence des filets vasculaires du grand sympathique, continuer à produire ses fluides spéciaux. Toutefois je ne veux pas nier le consensus existant entre les nerfs sensitifs et les nerfs vasomoteurs, consensus que démontre l'observation directe ; ce que je nie, comme contraire aux observations pathologiques et aux expériences, c'est que ce consensus soit *indispensable* à la sécrétion des fluides indiqués. Une solidarité évidente n'existe-t-elle pas entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs volontaires, et pourtant ne voit-on pas tous les jours la suspension fonctionnelle des premiers ne point entraîner nécessairement celle des seconds ?

III. Nous venons d'avancer qu'après la résection de la huitième paire, la sécrétion du suc gastrique persiste, mais qu'elle est moins abondante ; il importe maintenant de savoir ce que deviennent, après cette opération, les substances alimentaires introduites dans l'estomac.

Suivant Baglivi (1), Haller (2), de Blainville (3), Brodie (4), Legallois (5), Wilson Philip (6), Cl. Bernard (7), etc., les forces digestives sont absolument anéanties : quelques-uns de ces expérimentateurs assurent que les aliments subissent la fermentation putride. Au contraire, d'après Magendie (8), Broughton (9), Leuret et Lassaigne (10), etc., l'influence de la huitième paire sur la chymification serait nulle ou presque nulle. Enfin le plus grand nombre des physiologistes admettent que cet acte important n'est pas tout à fait suspendu, qu'il est seulement *ralenti* d'une manière très notable : Breschet, Milne Edwards et Vavasseur (11), Tiede-

(*) C. James (*Thèse inaug.*, 7 décembre 1840) a rapporté un cas de ce genre, remarquable surtout par la durée de l'affection, qui fut de deux années.

(1) *Opera omnia : Dissert. de experim. anatom. practic.* Lugduni, 1710, p. 676.
(2) *Elem. physiol.* Lausanne, 1757, t. I, p. 462.
(3) *Proposit. extraites d'un essai sur la respiration*, thèse inaug., 1808, n° 114, p. 33.
(4) *Philosoph. Transact.*, 1811.
(5) *OEuvres compl.*, édit. de 1830, notes de Pariset, t. I, p. 190 et 191.
(6) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Functions.* London, 2e édit., 1818.
(7) *Mém. cit.*
(8) *Précis élém. de physiol.*, 1825, t. II, p. 102.
(9) *Quarterly Journ. of Scienc.*, etc., 1825, n° 20, p. 308.
(10) *Rech. physiol. et chim. sur la digest.*, 1825, p. 219.
(11) *Arch. génér. de méd.*, 1823, t. II, p. 481 ; et 1825, t. VII, p. 187.

mann et Gmelin (1), Ware (2), Mayer (3), Brachet (4), J. Müller et Dieckhoff (5), etc., partagent cette opinion.

Ayant examiné avec détail, dans un autre ouvrage (6), les recherches qui ont trait à ces diverses manières de voir, je me bornerai à donner ici les résultats des expériences que j'ai faites, en partie, depuis sa publication. — Elles ont été exécutées le plus souvent sur des chiens adultes, et, dans presque toutes, les aliments n'ont été forcément ingérés dans l'estomac que vingt-quatre heures après la résection des nerfs de la huitième paire. En agissant de la sorte, j'ai voulu prévenir une objection capitale qu'on peut adresser à la plupart des expériences antérieures, savoir : que, pendant le temps écoulé entre l'ingestion préalable des aliments et la section de cette paire nerveuse, il a dû en effet se sécréter une certaine quantité de suc gastrique, qui, sans cette condition de l'expérience, aurait pu ne pas se produire.

Chaque jour, je poussais dans l'estomac une très faible quantité d'aliments (*) qui n'étaient vomis que dans des cas assez rares, desquels d'ailleurs il était tenu compte. Vers le troisième, le quatrième ou le cinquième jour, suivant le degré d'énergie des animaux, je tuais ceux-ci dix-huit ou vingt heures après leur dernier repas, et je trouvais l'estomac ou complétement vide, ou renfermant une quantité d'aliments de beaucoup inférieure à celle qui avait été administrée (**). Au contraire, presque toutes les fois qu'il m'est arrivé d'ingérer dans l'estomac de ces animaux une masse alimentaire considérable, elle n'a été, au bout du même laps de temps, chymifiée qu'à sa surface, et n'a présenté, dans son centre, aucune altération.

Ces résultats comparatifs me semblent prouver que la section des nerfs vagues porte une grave atteinte à la chymification, *surtout* parce qu'elle paralyse, comme on l'a dit, les mouvements propres de l'estomac (***) : en effet, quand il s'agit d'une masse alimentaire considérable, ces mouvements ne sont-ils pas indispensables pour brasser, pour mélanger, avec les sucs gastriques, ses diverses parties, et pour expulser celles-ci de la poche stomacale à mesure qu'elles sont suffisamment chymifiées? Ne doivent-ils pas, au contraire, perdre beaucoup de leur importance, quand il s'agit d'une quantité très minime d'aliments qui se prêtent aisément à l'action pénétrante et dissolvante du suc gastrique?

IV. En parlant de l'influence du système nerveux sur l'*absorption* (7), je me suis occupé de la question de savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la section de la huitième paire, donnent lieu ou non à leurs effets ordinaires.

(1) *Rech. expérim. sur la digest.*, 1827, trad. de Jourdan, 1re partie, p. 372.
(2) *The North Americ. Med. and Surg. Journ.*, 1828.
(3) *Zeitschrift für Physiol.*, von TIEDEMANN, t. II, p. 78.
(4) *Rech. sur le syst. nerv. gangl.*, 1837, p. 228.
(5) *Manuel de physiol.* de J. MÜLLER, t. I, p. 452, trad. de Jourdan.
(6) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 334 et suiv.

(*) Les aliments que j'ai administrés le plus ordinairement se composaient d'un mélange de pain et de *fromage d'Italie* (viande de porc, etc., hachée).

(**) Un expérimentateur bien digne de foi, SÉDILLOT, est parvenu, en rendant les repas plus fréquents et moins copieux, à faire vivre, *pendant plusieurs semaines*, des chiens auxquels il avait excisé une grande longueur des pneumogastriques.

(***) Il faut pourtant tenir compte aussi de la diminution de la sécrétion du suc gastrique après cette opération.

7) Tome I, p. 378, 2e partie.

V. Deux des sentiments les plus vifs et les plus impérieux qui se développent au dedans de nous, indépendamment de tout excitant extérieur, et par le seul fait de certaines modifications survenues spontanément dans l'organisme, sont la *faim* et la *soif*. Leur étude spéciale ayant été faite à propos de celle de la *digestion* (1), il ne saurait s'agir ici que de rechercher si l'intégrité des nerfs pneumogastriques est indispensable ou non au développement de ces sensations internes.

Les physiologistes ne sont point d'accord sur le point de départ de la *sensation de la soif*, c'est-à-dire sur l'organe qui préside à l'acte d'impression : c'est le pharynx, pour les uns ; c'est principalement l'estomac, pour les autres. Que ce soit l'un ou l'autre de ces organes, les nerfs chargés de transmettre l'impression à l'encéphale seraient donc, ou les glosso-pharyngiens, ou les pneumogastriques, et leur section simultanée devrait, par conséquent, rendre impossible la sensation qui nous occupe. Or, à propos de recherches sur le sens du goût, il m'est quelquefois arrivé de conserver vivants des chiens auxquels j'avais *reséqué*, de chaque côté, les nerfs *glosso-pharyngien* et lingual ; une fois guéris de leurs plaies, ces animaux m'ont paru boire, après chaque repas, dans les mêmes proportions que de coutume. Sur quelques-uns d'entre eux, j'ai pratiqué, en outre, la résection des *pneumogastriques* dans la région cervicale, et la soif s'est néanmoins fait sentir, avec une grande vivacité, dès le lendemain de l'expérience, et surtout les jours suivants, sans doute à l'occasion de la fièvre produite par l'inflammation de la plaie du cou.

Ces faits, qui tendent à établir que, sans le concours des nerfs glosso-pharyngiens et pneumogastriques, le besoin impérieux de boire peut persister, sont déjà propres à faire douter que ce besoin ait réellement pour point de départ *exclusif* le pharynx ou l'estomac. Ajoutons, ce que chacun sait déjà, qu'on parvient sûrement à apaiser la soif par divers moyens qui pourtant n'exercent aucune action immédiate ni sur l'un ni sur l'autre de ces organes, tels que les bains, les lavements et surtout les injections aqueuses dans les veines.

Quant à la *faim*, généralement on n'hésite point à affirmer que son siége

triques, ai-je vu boire volontiers tous les animaux qui avaient survécu assez longtemps, et en ai-je observé seulement quelques-uns qui voulussent bien prendre, avant leur mort, des aliments solides : quant aux autres, qui ont refusé de manger, n'est-on pas en droit de conclure simplement que, chez eux, et par les mêmes raisons que chez les chiens ayant subi la section des sciatiques, la sensation de la faim ne s'est point développée, et que, par conséquent, la cause d'un pareil refus ne saurait être rapportée nécessairement à la suspension de l'influence des pneumogastriques?

Leuret et Lassaigne (1) ont constaté que, après l'excision de ces nerfs dans une longueur de plusieurs pouces, des chevaux mangeaient comme auparavant et avec un appétit égal à celui qu'ils avaient quand ils se portaient bien. Bégin, Fourcade, Sédillot (2), affirment avoir vu, *au bout de quelques jours*, l'appétit se réveiller chez les chiens qui avaient survécu pendant plusieurs semaines (*). En parlant d'un de ces animaux, Sédillot s'énonce ainsi : « Il attend impatiemment l'heure des repas et montre un grand appétit (p. 16). » Et, à propos d'un autre : « Sa vivacité était éteinte, et il ne retrouvait son ardeur qu'au moment des repas (p. 22). »

Assurément, aucun physiologiste n'ignore l'influence que peuvent avoir la vue, l'odorat, et surtout le goût, pour exciter à la préhension des aliments. Aussi a-t-il paru présumable à quelques observateurs que, si les animaux continuaient à accepter de la nourriture, malgré la section des pneumogastriques, c'était seulement en vue de satisfaire leur sensualité gustative, sans qu'ils éprouvassent d'ailleurs l'aiguillon de la faim. Quand il n'y a point de nourriture devant leurs yeux, il est impossible de savoir ce qu'ils éprouvent au dedans d'eux-mêmes; et quand il y en a, il semble d'abord qu'on ne puisse savoir si c'est le désir d'apaiser la faim, ou de savourer les aliments, qui les porte à s'en emparer. Toutefois j'ai tenté plusieurs expériences qui me font croire que le goût n'est pas ici le principal mobile : en effet, quelques chiens qui avaient subi, *de chaque côté*, la section des nerfs glosso-pharyngien et lingual, et celle de la paire vague, ont mangé sans dégoût, en assez grande quantité, des substances alimentaires ramollies dans une décoction légère de coloquinte.

Je dois encore signaler une remarque qui me paraît importante, c'est que les chiens auxquels j'avais coupé la huitième paire n'ont voulu prendre de la nourriture que vers le deuxième ou le troisième jour après l'opération. Ce résultat s'accorde avec les observations faites par Sédillot (3) sur les chiens qu'il a le plus longtemps conservés. Or, pourquoi ce laps de temps, si en réalité, dans ces cas, la vue, l'odorat, le goût, etc., poussaient seuls les animaux à la préhension de leur nourriture? Pourquoi un pareil retard dans l'action de ces causes impulsives? N'est-il donc pas plus rationnel de supposer que les aliments n'ont été pris qu'au moment où le besoin de manger a commencé à se faire sentir?

Si le sentiment pénible de la faim semble se concentrer vers l'estomac, c'est que ce viscère est sympathiquement lié, de la manière la plus intime, au reste de l'organisme, et qu'étant l'instrument principal de la digestion, il importait que les causes qui rendent cette opération nécessaire vinssent réagir spécialement sur lui.

(1) *Rech. physiol. et chim. pour servir à l'histoire de la digest.* Paris, 1825, p. 211.

(2) *Du nerf pneumogastrique et de ses fonctions*, thèse inaug. Paris, 1829, n° 274.

(*) Le plus généralement, les chiens adultes auxquels on a coupé les nerfs pneumogastriques meurent du quatrième au cinquième jour. Néanmoins, à la suite des nombreuses opérations de ce genre que j'ai eu occasion de pratiquer depuis 1842, j'ai vu cinq animaux adultes de cette espèce mourir le huitième jour, trois le neuvième, et un autre seulement le onzième jour.

(3) *Thèse citée.*

Il en est de la faim et de la soif comme de tous les autres besoins naturels, dont le siége principal se trouve concentré dans l'organe destiné à les satisfaire, qui en apparence se rapportent uniquement à cet organe, qui peuvent même être stimulés par une excitation directe portée sur lui, et qui n'en sont pas moins l'expression d'un besoin général auquel l'économie tout entière participe.—Mais ce n'est pas le lieu de développer cette manière de voir, et d'apporter des arguments en sa faveur; bornons-nous à conclure qu'en l'absence du concours des pneumogastriques, la *faim* et surtout la *soif* peuvent continuer à se faire sentir, comme nous avons vu persister aussi le *besoin de respirer*, c'est-à-dire avec certaines modifications qui résultent nécessairement du défaut d'un pareil concours.

Action sur le foie.

Sans vouloir prétendre que les filets du pneumogastrique, qui se portent en assez grand nombre vers la scissure du foie, aient une influence *directe* sur la sécrétion biliaire, je rappellerai une simple remarque que j'ai eu plusieurs fois occasion de renouveler. La bile qui, recueillie dans la vésicule d'un chien à jeun depuis quarante-huit heures, présente une densité considérable, une consistance oléagineuse très prononcée, m'a paru au bout du même laps de temps (chez des animaux de la même espèce auxquels j'avais coupé les pneumogastriques aussitôt après la chymification accomplie) moins dense, plus séreuse, beaucoup plus fluide et moins fortement colorée. Quant au foie, son tissu, plus friable que de coutume, était fortement injecté et offrait une teinte d'un noir verdâtre; ses vaisseaux contenaient parfois des *caillots sanguins* analogues à ceux que l'on rencontre souvent dans les vaisseaux du poumon. La gêne circulatoire que ces dernières lésions peuvent faire supposer dans le foie expliquerait la plus grande fluidité de la bile. En effet, partout où le cours du sang est entravé, de la sérosité s'exhale consécutivement à la gêne de la circulation et à la congestion passive qui en résulte. Ce serait donc cette sérosité qui, en se mêlant au fluide biliaire, le modifierait comme il a été dit.—Aux yeux de plusieurs physiologistes, le pneumogastrique possède des filets

Nerfs encéphaliques moteurs.

e range dans cette classe sont : les trois moteurs oculaires, le
on *non ganglionnaire* du trijumeau), le facial, le moteur tym-
et l'hypoglosse. Ayant déjà fait connaître (page 191) leurs
ux et distinctifs, il me reste à tracer l'histoire de chacun d'eux
ue physiologique.

Nerfs moteurs oculaires.

On sait que trois nerfs, le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe*, sont destinés à animer les six muscles qui meuvent le globe de l'œil. Le premier se distribue aux droits supérieur, interne, inférieur, au petit oblique, et, de plus, à l'iris et au muscle élévateur de la paupière supérieure; le second, au grand oblique; le troisième, au droit externe.

A chacune des trois directions principales dans lesquelles le globe oculaire peut être porté, correspond une de ces trois paires nerveuses. Aux mouvements dans le sens *vertical* correspond le nerf moteur oculaire commun; aux mouvements rotatoires, le pathétique; enfin, à ceux de latéralité, le moteur oculaire externe. Une telle disposition est suffisamment motivée par la nécessité d'une précision extrême dans le jeu de tous les éléments de l'organe visuel, et c'est grâce à elle que l'harmonie des mouvements de cet admirable appareil se trouve réunie à leur indépendance nécessaire; l'*harmonie*, au moyen de la troisième paire destinée à influencer tous les genres de mouvements du globe de l'œil, et l'*indépendance*, à l'aide de la quatrième et de la sixième paire, affectées chacune à un seul genre de ces mouvements.

Telle est, suivant nous, la seule raison plausible de l'existence de trois nerfs différents pour un si petit nombre de muscles.

Nerf moteur oculaire commun.

Ce nerf, pris *dès son origine*, nous a paru insensible aux irritations mécaniques. Au delà d'un certain trajet, il devient sensible au pincement; mais alors il s'est adjoint des filets sensitifs de la cinquième paire. Chacun sait que les mouvements violents et prolongés des muscles oculaires, animés par le nerf moteur oculaire commun, s'accompagnent d'un sentiment douloureux de tension dans ces organes. Cette sensation ne saurait, par conséquent, dépendre que des fibres sensitives que ce nerf exclusivement moteur s'est associées avant sa distribution aux muscles du globe de l'œil.

Quand on a coupé le moteur oculaire commun sur un animal, ou bien quand ce nerf est *complétement* paralysé chez l'homme, on observe du côté correspondant : 1° le prolapsus de la paupière supérieure; 2° un strabisme externe; 3° l'abolition des mouvements alternatifs de rotation du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur; 4° la dilatation et l'immobilité de la pupille.

Le *prolapsus de la paupière supérieure* s'explique par la paralysie de son muscle releveur; au contraire, on voit que, si les fonctions du facial viennent à être suspendues, c'est l'inverse qui a lieu, c'est-à-dire que la paupière supérieure se relève davantage, au point de faire paraître l'œil plus grand, et que les deux voiles

palpébraux ne peuvent plus se rapprocher : ainsi, le premier temps du clignement, qui consiste dans l'occlusion palpébrale, dépend du facial et du muscle orbiculaire palpébral ; tandis que le second temps de ce mouvement protecteur est sous la dépendance du moteur oculaire commun et du muscle élévateur de la paupière supérieure.

Le *strabisme externe* doit être rapporté à la cessation d'action du muscle droit interne et à la persistance de celle du muscle droit externe, animé par le nerf de la sixième paire : en effet, ce dernier muscle, conservant toute son activité, entraîne l'œil d'autant plus facilement de son côté, que le muscle droit interne, son antagoniste, a été frappé d'inertie.

L'abolition des mouvements de rotation alternative du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur résulte de l'inertie du muscle oblique inférieur, inertie par suite de laquelle l'oblique supérieur étant alors dépourvu d'antagoniste, attire l'œil de son côté et lui fait subir une rotation permanente de bas en haut et de dehors en dedans. Cette lésion remarquable, qui se rencontre dans tous les cas de paralysie complète du moteur oculaire commun, et qu'accompagnent des troubles particuliers de la vision, n'a été bien observée et décrite que dans ces derniers temps (1). Voici quels sont les signes propres à la faire reconnaître au milieu des perturbations qu'entraîne la paralysie de la troisième paire :

Si l'on fait porter la tête alternativement vers l'une et l'autre épaule, et si l'on observe en même temps les mouvements des yeux, on reconnaît aussitôt que l'œil affecté ne peut, comme celui du côté sain, rouler dans l'orbite en sens inverse de la tête, et qu'il suit au contraire les mouvements de celle-ci, surtout lorsqu'elle se penche du côté sain. D'autre part, le malade perçoit dans le même instant deux images, l'une *droite*, l'autre *oblique*, *inclinée du côté affecté*, variété de diplopie qui indique la paralysie du muscle oblique inférieur, et conséquemment celle du rameau qu'envoie à ce muscle le nerf moteur oculaire commun.

La *dilatation et l'immobilité de la pupille* proviennent de ce que la *racine motrice* fournie par le nerf moteur oculaire commun au ganglion ophthalmique est [illegible] avec les filets ciliaires correspondants. D'un pareil fait, il résulte que

« [illegible] la troisième paire dans la cavité du crâne d'un pigeon vivant ou im[illegible] après la décapitation, les pupilles se contractent chaque fois qu'on to[illegible] ième paire.

[illegible] la cinquième paire sur un pigeon mourant, il ne se produit rien d[illegible] ans la pupille.

[illegible] les nerfs optiques dans la cavité du crâne d'un pigeon, immédia[illegible] écapitation, et si l'on pince la portion du nerf qui tient au cerveau, [illegible] ont lieu dans la pupille.

» La section de la cinquième paire n'apporte aucune modification dans l'expérience précédente.

» Au contraire, après la section de la troisième paire, l'irritation du nerf optique intact ou divisé n'a plus d'effet sur la pupille. »

« On peut conclure de ces faits, ajoute Herbert-Mayo, que le nerf moteur oculaire commun est celui qui préside aux mouvements de dilatation ou de resserrement de l'iris; que, dans la variation habituelle du diamètre de la pupille, l'impression est envoyée au cerveau par le nerf optique, à la suite de quoi le moteur oculaire commun est affecté de telle façon qu'il produit ou la dilatation ou la contraction de la pupille. »

On sait que dans les cas d'amaurose ou de paralysie de la rétine, l'iris de l'œil atteint n'est plus susceptible de se mouvoir, lorsque la lumière tombe sur ce dernier, tandis que les deux iris se meuvent, quand la lumière impressionne l'œil sain. Ce fait, dû à l'observation des pathologistes, démontre qu'une sensation lumineuse, quoique procurée à l'aide d'un seul œil, n'en provoque pas moins la réaction simultanée des deux nerfs moteurs oculaires communs; ce même fait est confirmatif des expériences dans lesquelles j'ai vu l'iris de chaque œil se mouvoir à la suite de l'excitation mécanique d'un seul nerf optique.

Ayant répété les expériences d'Herbert-Mayo, j'ai coupé à droite le nerf moteur oculaire commun, après avoir divisé le nerf optique correspondant, et, en pinçant à diverses reprises la portion de celui-ci qui tenait à l'encéphale, je n'ai plus aperçu aucune contraction de l'iris droit; mais, ce que cet expérimentateur n'a pas noté, c'est que l'iris gauche continue de se mouvoir sous l'influence des excitations mécaniques portées sur le bout cérébral du nerf optique droit, et *vice versâ* en variant l'expérience.

Dans mes expériences, la section de la cinquième paire a eu une influence *momentanée* sur l'état de la pupille, et l'irritation mécanique ou galvanique du bout périphérique du moteur oculaire commun n'a pas été suivie, le plus souvent, de mouvements appréciables dans l'iris; mais des secousses très violentes du globe oculaire se sont produites. Je me suis bien gardé néanmoins d'en conclure que le moteur oculaire commun était étranger aux contractions de l'iris, puisque les faits pathologiques attestent le contraire d'une manière irréfragable: seulement j'ai pensé que la présence du ganglion ophthalmique était un obstacle qui s'opposait à ce qu'on obtînt, dans ces cas, des contractions immédiates, comme celles qu'on observe dans les parties qui sont animées par des filets nerveux *directs*. Pourtant, à l'exemple de Fowler, de Weinhold, de Nysten, etc., j'ai vu, sur des animaux récemment décapités, l'iris se contracter sous l'action directe d'une pile électrique.

Presque toutes nos recherches ont été faites sur des chiens et des lapins; quelques-unes seulement ont été pratiquées sur des pigeons.

D'après les observations particulières de J. Müller (1), l'iris agirait dans tout mouvement volontaire du globe de l'œil, qui accompagne l'action de la branche du nerf oculo-musculaire commun allant au muscle droit interne, et cette membrane demeurerait inactive quand c'est le nerf abducteur ou moteur oculaire externe qui agit. « Comme l'externe, dit Müller, est le seul des quatre muscles droits de l'œil auquel le moteur oculaire commun n'envoie pas de filets, nous pouvons être certains que ce nerf n'agit point quand on tourne volontairement l'œil en dehors, et qu'il agit, au contraire, quand la volonté fait porter l'œil en dedans. On acquiert la conviction qu'à intensité égale de lumière, la pupille se rétrécit dès qu'on ferme l'un des yeux et qu'on tourne l'autre en dedans, tandis qu'elle s'agrandit lorsque, dans les mêmes conditions, c'est en dehors qu'on tourne le globe oculaire. » Ce physiologiste a encore observé que si les deux yeux convergent l'un vers l'autre, le rétrécissement de la pupille est porté aussi loin que possible ; qu'au contraire, plus les yeux sont parallèles l'un à l'autre, plus les muscles droits internes, qui dépendent du nerf oculo-musculaire commun, tombent dans l'inaction, plus aussi la pupille s'agrandit.

Ces observations sont exactes et faciles à vérifier sur soi-même ou sur d'autres personnes : mais faut-il en conclure, avec J. Müller, que la connexion qui existe entre la racine motrice du ganglion ophthalmique et le nerf moteur oculaire commun est la cause qui nous permet de mouvoir volontairement l'iris par sympathie, c'est-à-dire qui fait que cette membrane se contracte d'elle-même aussitôt que la volonté agit sur la division du moteur oculaire commun destinée au muscle droit interne ? Nous ne le pensons pas ; car alors on serait en droit de se demander pourquoi ce mouvement sympathique de l'iris s'exercerait plutôt lors de la contraction du muscle droit interne, que de celle des autres muscles oculaires animés par la même paire nerveuse.

Quant au rameau du muscle petit oblique, Müller admet également son influence sympathique sur les mouvements de la pupille. Cette opinion, qui a été déjà discutée à l'occasion de la théorie des mouvements du globe de l'œil, ne nous paraît pas s'accorder rigoureusement avec l'observation.

bilité de l'ouverture pupillaire. Ces effets réunis ne s'observent que dans les paralysies bien complètes. Toutefois, de ce que, même dans quelques-uns de ces cas, on verrait l'iris continuer de se mouvoir, il ne faudrait pas conclure que le trijumeau, à l'aide de son rameau nasal, préside en partie aux mouvements de cette membrane. En effet, Pourfour du Petit admet que le nerf moteur oculaire externe peut s'adjoindre au moteur oculaire commun et au rameau nasal de l'ophthalmique, pour envoyer aussi des filaments à la partie postérieure du ganglion ciliaire. On m'a fait voir, une fois, une racine motrice très manifeste, allant du moteur oculaire externe à ce ganglion, et Grant, de New-York, m'a affirmé avoir observé plusieurs fois ce fait anatomique. Il fut conduit à le rechercher par un cas de paralysie du nerf moteur oculaire commun, avec persistance des mouvements de l'iris: le malade ayant succombé à une autre affection, Grant trouva, à l'autopsie, un rameau qui se rendait du moteur oculaire externe au ganglion ophthalmique, disposition propre à expliquer la persistance des contractions de la pupille (*).

Nerf pathétique.

On sait que ce nerf, émané d'une des divisions supérieures du faisceau antéro-latéral de la moelle, paraît s'en détacher au moment où cette division s'engage au-dessous des tubercules quadrijumeaux. L'origine particulière de ce nerf, sa terminaison dans le muscle grand oblique de l'œil, et les filets de la branche ophthalmique qui viennent s'adjoindre à lui pour la sensibilité du même muscle, tout autorise à n'accorder au pathétique qu'une influence exclusivement motrice: les expériences, aussi bien que les faits pathologiques, viennent à l'appui de cette opinion (**).

Ayant, chez divers animaux (*chien*, *cheval*, *bœuf*) appliqué le galvanisme, dans le crâne, aux nerfs pathétiques, j'ai constaté dans tous les cas, un strabisme divergent assez sensible; en même temps le globe de l'œil subissait, autour de son axe antéro-postérieur, une légère rotation ayant pour effet de relever un peu l'angle externe des paupières. Or, ces déplacements sont le résultat de la contraction de l'oblique supérieur.

Le nerf de la quatrième paire peut être paralysé chez l'homme; des faits de ce genre ont été signalés par Szokalski (1). Les symptômes de cette lésion sont les suivants :

(*) D'après ses expériences, CL. BERNARD (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, Paris, 1858, t. II, p. 209) admet que la destruction du nerf moteur oculaire commun, tout en produisant la dilatation permanente de la pupille, ne fait pas perdre à cette ouverture le pouvoir de se dilater encore ou de se rétrécir sous certaines influences : « La section du grand sympathique, au » cou, détruit toujours cette dilatation, et la galvanisation du nerf l'élargit davantage (BIFFI); l'action » de la belladone peut encore la dilater. Il n'y a donc pas, ajoute cet expérimentateur, à proprement » parler paralysie complète, c'est-à-dire perte de mouvement. »

En admettant que les mouvements de la pupille soient sous la double dépendance du moteur oculaire commun et du grand sympathique, nous aurons à examiner bientôt, à propos de l'étude physiologique de ce dernier, quel est le genre d'action que chacun de ces nerfs exerce sur les contractions de l'iris.

(**) Plusieurs anatomistes, notamment JOS. SWAN (*Illustrat. of the Nervous System, etc.*), et EUG. CURIE (*Monit. des hôpit.*, 1858, p. 670), affirment que le nerf pathétique envoie un filet à la glande lacrymale. Suivant E. CURIE, qui rappelle que d'après de récents travaux les glandes, *quant à leur excrétion*, dépendraient de nerfs moteurs, la *glande lacrymale* ne ferait donc pas exception.

(1) *De l'influence des muscles obliques de l'œil sur la vision et de leur paralysie.* Paris, 1840, in-8. — Mémoire adressé à la Société de médecine de Gand.

1° Impossibilité de la rotation de l'œil dans l'orbite. On reconnaît cette impossibilité quand on fait porter au malade, le regard étant fixe, la tête alternativement à droite et à gauche ; on voit alors que l'œil malade reste fixé et qu'il ne suit pas les rotations de son congénère.

2° Il y a constamment une diplopie et les deux images sont à la fois *superposées* et *inclinées* l'une par rapport à l'autre ; l'œil malade fournit l'image *oblique* et inférieure.

3° Cette double vision disparaît quand on incline la tête vers le côté opposé à l'œil affecté.

Ainsi l'action évidente, incontestable du nerf pathétique est de concourir, par l'intermédiaire de l'oblique supérieur, à la production des mouvements rotatoires du globe de l'œil ; mouvements que nous avons analysés précédemment, et dont nous avons démontré toute l'importance dans l'exercice de la vision.

La quatrième paire, il est vrai, ne préside pas seule à la rotation de l'œil dans l'orbite, puisque le muscle oblique inférieur, également destiné à ce mouvement, est sous l'influence du moteur oculaire commun. Néanmoins je pense que le nerf qui nous occupe a, dans cet acte, la part principale, et qu'il est destiné à en régulariser et à en préciser l'exécution. Je considère également le nerf moteur oculaire externe comme le régulateur des mouvements de latéralité de l'œil.

Ch. Bell, qui ne s'est point occupé de l'action du pathétique dans la rotation de l'œil, accorde au contraire à ce nerf une influence spéciale sur les mouvements involontaires des yeux, pendant le clignement, le sommeil, la syncope, l'éternument, etc. ; influence qu'il croit due à l'origine de ce nerf sur le prolongement du faisceau médullaire latéral, et qu'il a exprimée par la dénomination qu'il lui donne de *nerf respiratoire de l'œil*. Mais toutes les assertions du célèbre physiologiste anglais, à cet égard, reposent sur une hypothèse que rien ne justifie, et s'appuient sur des faits incomplétement observés et mal interprétés.

Doit-on regarder le pathétique comme un nerf *involontaire*, non pas comme l'entendait Ch. Bell, mais en le considérant dans son action même sur le mou-

propre à fournir ce résultat est fort délicate ; elle exige, après l'ablation de la voûte du crâne, qu'on déplace l'un des lobes cérébraux. Ce déplacement a lieu sans douleur, quand on l'effectue avec une extrême précaution, et il permet d'agir comparativement sur le trijumeau et le moteur oculaire externe ; alors on peut pratiquer la section de celui-ci, sans la moindre réaction de la part de l'animal (lapin), tandis que la plus légère excitation de celui-là ne manque point de lui arracher des cris plaintifs.

Galvanise-t-on le moteur oculaire externe dans l'intérieur du crâne, on voit le globe oculaire se dévier fortement en dehors.

J'ai dit qu'après la résection de la portion cervicale du grand sympathique, qui communique si largement avec la sixième paire, j'avais toujours observé chez les chiens, comme Petit et Molinelli, une constriction manifeste de la pupille du côté correspondant, et de plus un léger strabisme interne que j'avais d'abord cru propre à expliquer l'état de l'ouverture pupillaire.

Puisque le moteur oculaire externe anime le muscle droit externe de l'œil, on doit s'attendre, dans les cas assez rares de paralysie de ce nerf, et par conséquent de ce muscle, à voir le globe de l'œil se dévier fortement en dedans. En effet, Yelloly (1) a constaté un strabisme simple interne très prononcé, chez un homme dont la sixième paire était comprimée par une tumeur. Jobert (2) en rapporte une autre observation.

Il ne faut pas perdre de vue le cas de paralysie complète de la troisième paire que nous avons mentionné précédemment, et dans lequel Grant a noté une persistance des mouvements de l'iris qu'il attribue à la racine motrice que la sixième paire envoyait au ganglion ophthalmique.

Il nous a été impossible de déterminer, jusqu'à présent, quels sont les usages de l'anastomose si considérable du grand sympathique avec le nerf moteur oculaire externe.

Nerf masticateur.

On se rappelle que le nerf trijumeau présente, à son origine, deux racines : l'une, très volumineuse, exclusivement sensitive (*), et pourvue d'un ganglion (ganglion de Gasser) ; l'autre, fort grêle, qui passe au-dessous de ce renflement, sans concourir à sa formation.

Désignée par Bellingeri et Eschricht sous le nom de *nerf masticateur*, cette dernière racine du trijumeau a pour principal usage d'animer la plupart des muscles qui meuvent la mâchoire inférieure. Elle se distribue, en effet, à ses muscles élévateurs (temporaux, masséters, ptérygoïdiens internes) ; à ses diducteurs (ptérygoïdiens externes) ; à deux de ses abaisseurs (ventres antérieurs des digastriques et mylo-hyoïdiens) (**) ; de plus, elle préside à la contraction des muscles tenseurs du voile du palais (péristaphylins externes). Quelques physiologistes supposent que le muscle interne du marteau, ou tenseur de la membrane du tympan, est aussi sous la dépendance du nerf masticateur : en étudiant les usages du facial, nous

(1) BURDACH, *Gehirn*, etc., t. III, p. 345 et 392.
(2) *Études sur le système nerveux*, p. 176.

(*) Cette racine a été étudiée précédemment, p. 479 et suiv.

(**) Les génio-hyoïdiens, autres muscles abaisseurs de la mâchoire inférieure, sont animés par des rameaux de l'hypoglosse.

indiquerons la véritable origine du filet nerveux destiné à ce muscle de l'oreille moyenne.

Le nerf masticateur sort, tout entier, par le trou ovale du sphénoïde, avec la *branche maxillaire inférieure sensitive*: celle-ci, dépendance de la racine ganglionnaire du trijumeau, se divise en rameaux *auriculo-temporal*, *dentaire inférieur* et *lingual*, spécialement destinés à la peau de la tempe, du conduit auditif externe, du pavillon de l'oreille, et d'une assez grande partie latérale de la face, aux téguments cutanés ou muqueux de la lèvre inférieure, des joues, et à leurs glandules (*), à la peau du menton, à la muqueuse des trois quarts antérieurs de la langue, à celle des gencives inférieures, aux amygdales, à toutes les glandes salivaires, et enfin à toutes les dents de la mâchoire inférieure.

Toutefois, entre la branche maxillaire inférieure sensitive et le nerf masticateur, devait s'opérer une certaine association de filets; car, comme tous les autres agents contractiles, les muscles précédemment indiqués, pour l'exercice régulier de leur faculté motrice, avaient besoin d'être sensibles, et conséquemment de recevoir à la fois des filets du nerf masticateur et de la branche maxillaire inférieure sensitive. Mais, nous l'avons déjà dit, il y aurait erreur grave à croire que la portion ganglionnaire du trijumeau est elle-même propre à transmettre les impressions et le principe des mouvements, parce qu'elle se distribue à la peau, et abandonne aussi quelques fines divisions à des organes musculaires. Ici, la simple observation anatomique n'est plus suffisante pour distinguer les filets en rapport avec le mouvement de ceux qui servent à la sensibilité : par conséquent, on doit avoir recours soit à l'expérimentation, qui nous apprend que les seuls nerfs moteurs sont ceux dont l'irritation mécanique ou galvanique fait naître des contractions locales, soit aux faits pathologiques dans lesquels la lésion organique a envahi les deux racines du trijumeau ou seulement sa racine ganglionnaire. — Or, sur le cheval et le chien, après avoir enlevé les lobes cérébraux et détaché ce nerf du mésocéphale, toutes les fois que j'ai fait passer des courants électriques *seulement* dans sa grosse racine, isolée de la racine grêle (nerf masticateur) à l'aide d'une lame de verre, jamais je n'ai observé le plus léger mouvement dans les

meau : cette méprise avait d'abord fait dire à Ch. Bell que la branche maxillaire supérieure préside, à l'aide de ces filets d'emprunt, aux mouvements de la lèvre correspondante, dans la mastication (1). Plus tard, ayant reconnu son erreur anatomique, Ch. Bell pensa que les mouvements des joues et des lèvres, destinés à placer et à maintenir les aliments sous les arcades dentaires, n'en dépendent pas moins de la racine grêle de la cinquième paire, mais seulement du nerf buccal (2), qui, selon lui, « fournit des rameaux nombreux aux muscles des joues et des lèvres, pour les mettre en rapport avec les mouvements des mâchoires. » — Nous ne pouvons partager l'opinion du physiologiste anglais, parce que, chez l'homme, nous avons toujours vu la paralysie complète du nerf facial entraîner le défaut d'action du muscle buccinateur, de l'orbiculaire labial, etc., aussi bien dans la mastication que dans la respiration, d'où, après le repas, l'accumulation de parcelles d'aliments entre l'arcade dentaire et la joue; nous avons, d'ailleurs, fréquemment renouvelé les mêmes observations sur les chiens, après la section du nerf facial. Ce nerf ayant été divisé de chaque côté, chez un cheval, nous avons reconnu que l'animal, saisissant l'avoine avec ses dents, exécutait des mouvements de mastication auxquels les lèvres et les joues ne prenaient aucune part active; aussi l'avoine s'accumulait-elle en grande quantité entre celles-ci et les arcades dentaires. Sur le cheval, encore, nous avons galvanisé à plusieurs reprises le nerf buccal de la cinquième paire, sans exciter la moindre réaction du buccinateur, de l'orbiculaire labial, etc. (*), qui, au contraire, se contractaient avec les autres muscles de la face, lorsque nous appliquions le galvanisme au nerf facial. Toutes ces raisons sont donc suffisantes pour démontrer que le nerf facial seul régit les mouvements masticateurs et respiratoires des joues, à l'exclusion du rameau buccal, dont les *filets de terminaison* président exclusivement à la sensibilité de la peau ou de la muqueuse de ces parties, et, sans doute, aussi à la sensibilité de quelques muscles sous-cutanés de la face. Toutefois le rameau buccal, se distribuant d'abord dans les muscles temporal et ptérygoïdien externe, excite certainement leur contraction : mais cette double mission du nerf buccal n'aura point lieu de surprendre, si l'on veut bien se rappeler que nos dissections ont montré qu'il provient à la fois de la portion ganglionnaire et de la petite racine du trijumeau.

Quant aux rameaux massétérin, temporaux profonds, ptérygoïdien interne et mylo-hyoïdien, fournis par cette petite racine (*nerf masticateur*), on a vu qu'ils sont exclusivement destinés à animer les muscles qui élèvent ou qui abaissent la mâchoire inférieure (**), et ceux qui tendent le voile du palais : ajoutons qu'aucun de leurs filets ne se distribue aux téguments.

Il n'est point sans intérêt de noter que, dans la déglutition, ces divers muscles associent leur action, et se contractent tous ensemble : quand on se prépare à avaler, la mâchoire inférieure se rapproche de la supérieure à l'aide des muscles temporaux, masséters et ptérygoïdiens internes, afin que la langue puisse venir s'appliquer à la voûte palatine; bientôt, l'os maxillaire étant fixé, les ventres anté-

(1) SHAW (Alex.), *Narrative of the Discoveries of sir* CH. BELL, *in the Nervous System*. Londres, 1839, p. 64.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 17 et 20.

(*) HERBERT-MAYO a obtenu le même résultat négatif sur l'âne, en irritant mécaniquement le nerf buccal (voy. *Journ. de physiol. expériment.*, t. III, p. 352).

(**) Nous avons déjà dit qu'un de ces muscles abaisseurs, le *génio-hyoïdien*, recevait ses filets nerveux de l'hypoglosse.

rieurs du digastrique, les mylo-hyoïdiens se contractent, et élèvent l'os hyoïde, avec le concours des stylo-hyoïdiens et des génio-hyoïdiens ; enfin, les péristaphylins externes tendent le voile palatin qui, de la sorte, continue la voûte résistante du palais, et s'oppose à l'introduction des aliments dans les orifices postérieurs des fosses nasales. —Voilà donc tous les muscles qu'anime la petite portion de la cinquième paire mis en jeu pendant la déglutition. Puisque les muscles élévateurs et abaisseurs de la mâchoire peuvent agir isolément ou simultanément, cet exemple, au milieu de tant d'autres, est donc propre à faire admettre, dans un tronc nerveux destiné à des muscles antagonistes, l'indépendance fonctionnelle des différents filets qui le constituent, et à prouver que, par conséquent, tantôt quelques-uns de ces filets, tantôt tous à la fois, transmettent la force incitatrice au système musculaire.

Nerf facial.

En parlant des usages du nerf trijumeau (page 479), j'ai déjà fait remarquer qu'avant Bellingeri (1) aucun physiologiste n'avait songé à s'enquérir, par la voie expérimentale ou pathologique, de la question de savoir si les deux nerfs de la face, le trijumeau et le facial, différaient ou non par leurs fonctions et leurs propriétés ; mais que la plupart des assertions de l'illustre physiologiste de Turin étaient entachées d'erreur, et qu'on ne saurait contester à Ch. Bell la gloire d'avoir introduit dans la science ces vérités nouvelles : 1° Le facial a mission de faire contracter les muscles sous-cutanés de la face (*). 2° La portion ganglionnaire du trijumeau est chargée de transmettre à l'encéphale les impressions tactiles développées dans cette région.

I. Ch. Bell et John Shaw (2), ayant expérimenté sur des ânes, des chiens et des singes, annoncèrent, en 1821, qu'à la suite de la section du facial, la sensibilité de la face ne subit aucune diminution, et que les mouvements seuls y sont abolis (**). Ch. Bell proposa d'appeler ce nerf, *nerf respiratoire de la face*, parce que, l'ayant coupé sur des animaux haletants, il vit les contractions de la narine du même côté cesser à l'instant même, pendant que l'autre narine continuait de se resserrer et de se dilater régulièrement avec la poitrine : il nota aussi l'impossibilité du rapprochement des deux paupières et le changement d'expression faciale dans le côté paralysé.

Toutefois, comme nous l'avons fait observer plus haut, Ch. Bell crut que certains mouvements, tels que ceux des lèvres et des joues, *durant la mastication*, persistaient sous l'influence de la cinquième paire : il admit d'abord que sa petite racine (*nerf masticateur*) envoyait des filets anastomotiques à la branche maxillaire supé-

(1) *Dissert. inaug. de nervis faciei*, etc. Turin, 1818.

(*) Aux muscles sous-cutanés de la face, *proprement dits*, il faut joindre les muscles auriculaires, peaucier et occipital, le ventre postérieur du digastrique, le stylo-hyoïdien, etc., bien d'autres encore qui seront mentionnés par la suite.

(2) Consultez *Manual for the Student of Anatomy*, by JOHN SHAW. London, 1821. — *On partial paralysis* du même auteur, dans *Transact. Med.-Chir.*, t. XII. — *Exposit. du syst. nat. des nerfs*, par CH. BELL. Paris, 1825, p. 54, trad. de Genest. — *Journ. de physiol. expérim.*, t. I, p. 386. — *Ibid.*, t. II, p. 66. — *Ibid.*, t. X, p. 1.

(**) Il est presque inutile de faire observer que nous entendons par *mouvements de la face* seulement ceux qui dépendent des *muscles sous-cutanés* de cette région, à l'exclusion des mouvements de la mâchoire inférieure, du globe oculaire et de la langue, qui sont soumis à des muscles plus profonds qu'animent les nerfs *masticateur*, *moteurs oculaires* et *hypoglosse*.

rieure, et que cette dernière présidait, à l'aide de ces filets d'emprunt, aux mouvements que la lèvre supérieure exécute pendant la mastication (1). Plus tard, ayant reconnu son erreur anatomique, Ch. Bell affirma que les mouvements des joues et des lèvres, destinés à placer et à maintenir les aliments sous l'action des dents, n'en dépendent pas moins de la racine grêle de la cinquième paire, mais seulement du nerf buccal, qui, dit-il (2), « fournit des rameaux nombreux aux muscles des joues et des lèvres, pour les mettre en rapport avec les mouvements des mâchoires. »

Nous avons exposé (page 546) les faits qui empêchent d'admettre une pareille opinion : tous s'accordent à démontrer que le nerf facial, à l'exclusion du rameau buccal, régit aussi bien les mouvements masticateurs que les mouvements respiratoires des lèvres et des joues.

Backer (3) a constaté qu'après l'empoisonnement par la noix vomique, la section du nerf facial ramène aussitôt le calme dans tous les muscles sous-cutanés de la face, tandis que ceux des autres parties du corps continuent d'éprouver de vives convulsions. Toutes les fois que j'ai excité mécaniquement ou galvaniquement ce nerf moteur, j'ai toujours obtenu des contractions très apparentes dans les muscles des paupières, des narines, des lèvres, des oreilles, etc., tandis que ces mêmes muscles sont constamment demeurés immobiles, quand j'ai agi comparativement sur les diverses branches de la portion ganglionnaire du trijumeau. — On doit alors expérimenter sur les *bouts périphériques* de ces différents nerfs préalablement divisés; car, sans cette précaution, la douleur ne manquerait point de convulsionner les muscles de la face, et par conséquent il en résulterait de la confusion dans les résultats.

On est donc en droit d'affirmer que le nerf facial transmet aux *muscles sous-cutanés de la face* (*) le principe de leur contraction, et que ce rôle lui est exclusivement propre, c'est-à-dire que nul autre nerf, le trijumeau par exemple, ne saurait le suppléer ou lui servir d'auxiliaire.

C'est là une vérité physiologique sur laquelle les expériences d'Herbert-Mayo (4), d'Eschricht (5), de Lund (6), de Magendie (7), de Schœps (8), de Backer (9), de Gædechens (10), etc., et les nôtres ne peuvent laisser aucun doute, quand on associe leurs résultats aux nombreux faits pathologiques qui la démontrent également.

II. Il est aussi prouvé que le facial est tout à fait étranger à la transmission des impressions tactiles, puisque, d'une part, sa section ne modifie en rien la

(1) SHAW (Alex.), *Narrative of the Discoveries of sir* CH. BELL *in the Nervous System*. Londres, 1839, p. 64.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 17.

(3) *Commentatio ad quæstion. physiol. a facult. med. Acad. Rheno Traject. ann.* 1828 *proposit.* Utrecht, 1830.

(*) Nous ferons connaître, plus loin, les autres muscles qui sont également animés par le nerf facial.

(4) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 354.

(5) *De functionibus septimi et quinti paris nervorum in facie propriis* (*Journ. de physiol. expérim.*, t. VI, p. 228).

(6) *Coup d'œil sur les résultats physiologiques des vivisections, etc.* (*Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 204).

(7) *Journ. de physiol. expérim.*, t. II, p. 67. — *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 157 et suiv.

(8) Dans *Arch.* de MECKEL, 1827, — et *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XXX, p. 114.

(9) *Op. cit.*

(10) *Nervi facialis physiologia et pathologia* (dissert. inaug.). Heidelberg, 1832.

sensibilité générale de la face, et que, d'autre part, ayant nombre de fois pratiq la section intra-crânienne d'un trijumeau sur des lapins, j'ai toujours observé, l'exemple d'autres expérimentateurs, la *perte absolue* de la sensibilité dans tous l points de la région faciale. Magendie a fait la même observation sur des chien On peut alors cautériser avec le fer rouge, détruire entièrement toute une moit de la face; l'animal reste impassible : preuve incontestable que le nerf facial lu même intact ne sert point à conduire les impressions tactiles, et que cet usa appartient exclusivement à la cinquième paire. D'ailleurs les observations path logiques recueillies sur l'homme confirment ce fait d'une manière incontestable

Nul doute qu'un certain nombre des prétendus filets cutanés du facial, adm par quelques anatomistes, ne soient des filets de l'auriculo-temporal (rameau la cinquième paire), d'abord associés au facial, au-devant de l'oreille, et offra leur distribution terminale accoutumée. Toutefois il faut savoir qu'il existe au dans la peau de la face, à la base des papilles et surtout des follicules pileux, d éléments contractiles auxquels doivent se rendre quelques fibres terminales nerf facial; mais ces fibres, pas plus que toutes les autres qui proviennent de même paire nerveuse, ne sont certainement point en rapport avec la sensibil de la face.

III. Le nerf facial est-il *sensible* aux irritations mécaniques? Ce problème a é diversement résolu par les expérimentateurs. « Lorsque, dit Ch. Bell (1), no coupâmes le nerf facial, l'animal (âne) ne donna aucun signe de douleur, et il fit aucun effort ni aucun mouvement dans le moment où le nerf fut coupé... section occasionna si peu de douleurs qu'on répéta plusieurs fois cette expérien sur l'âne et *sur le chien*, et toujours avec le même résultat. » Mais Herbert-Ma affirme que la section du facial est douloureuse chez le chien. « Nous avo répété cette expérience sur l'âne, dit Magendie (2), et l'animal, au moment de section, témoigna qu'il y était fort sensible. » Schœps, Backer, Gædechens, etc. (3 admettent la sensibilité du facial chez le chat et le chien, et Eschricht (4) l constatée sur des lapins.

et Cl. Bernard (1) assurent avoir pu reconnaître, *d'une manière directe*, l'insensibilité du facial *à son origine* : jusqu'à présent, cette expérience a toujours été impraticable pour nous, ou du moins, quand nous sommes parvenu à atteindre le nerf, les conditions dans lesquelles se trouvaient les animaux étaient trop défavorables pour permettre une conclusion rigoureuse. Mais il importe de dire tout d'abord que nous avons constamment pu démontrer la complète insensibilité du facial, à partir du trou stylo-mastoïdien, après la section *intra-crânienne* du trijumeau correspondant. On a vu (page 482) par quel procédé celle-ci peut être pratiquée sans graves dégâts. Pour plus de rigueur dans l'expérience, le plus souvent nous n'agissons sur le facial que le lendemain de la section du trijumeau, et quand l'animal est déjà complétement remis de l'*extrême douleur* occasionnée par cette opération préalable : alors, le nerf facial étant mis à nu de chaque côté de la face, on constate que le pincement et la section sont très douloureux dans un cas, tandis que dans l'autre ces modes d'irritation ne sont pas même perçus. C'est constamment sur le côté qui correspond au trijumeau coupé que l'on observe ce dernier effet négatif : nos premières observations ont été faites sur des lapins ; nous les avons répétées, plus tard, sur de tout jeunes chiens.

On se rappelle que Fodera (2) est le premier qui ait divisé la cinquième paire dans l'intérieur du crâne, et qu'il fut imité par Herbert-Mayo, Magendie, Eschricht, Lund, etc. Ces deux derniers auteurs (3), ayant soupçonné que la sensibilité du facial provenait de ses nombreuses anastomoses avec cette cinquième paire, eurent l'idée de diviser celle-ci à son origine et de rechercher si alors le facial demeurerait sensible. « Le crâne d'un lapin fut ouvert et l'*hémisphère gauche enlevé* (*) ; la cinquième paire du côté gauche, couverte par la dure-mère, fut mise à nu et coupée au milieu des cris violents de l'animal. Toute trace de sentiment disparut du côté gauche de la face. La septième paire du même côté fut pincée souvent, et l'animal ne donna pas une seule fois le moindre signe de douleur. Alors on découvrit la septième paire du côté droit ; chaque fois qu'on la pinça, l'animal témoigna visiblement de la douleur (de ce côté la cinquième paire était intacte). Ces expériences furent répétées plusieurs fois sur les deux côtés avec les mêmes résultats. » Ces expérimentateurs admettent que les anastomoses avec le plexus cervical remplissent, à l'égard de la *portion postérieure* de la septième paire, le même rôle que joue la cinquième à l'égard de la *portion antérieure*, c'est-à-dire des filets du facial qui en avant se distribuent à la face. Ce que Lund et Eschricht appellent portion postérieure de la septième paire n'est autre chose probablement que la branche inférieure ou cervicale, que nous avons trouvée *insensible* sur le lapin. Il serait donc possible que ces auteurs eussent pris pour cette dernière quelque division ascendante du plexus cervical.

Quoi qu'il en soit, les deux physiologistes danois concluent en ces termes (4) : « Il résulte clairement de ces expériences que la septième paire ne doit le sentiment qu'à ses seules connexions avec des nerfs sensitifs, » et non par conséquent à ses propres filets originels.

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, t. II, p. 111. Paris, 1858.
(2) Voyez plus haut, p. 480.
(3) *Coup d'œil sur les résultats physiologiques des vivisections* (*Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 204).

(*) Cette ablation d'un hémisphère cérébral est inutile. Nous avons décrit un procédé à l'aide duquel on évite facilement une lésion aussi grave : ce procédé a été mis en usage d'abord par MAGENDIE.

(4) *Rec. cit.*, p. 207.

Telle est aussi l'opinion de Magendie (1), qui, de plus, ayant expérimenté sur des chiens et ayant réussi à couper dans le crâne de ces animaux le tronc de la cinquième paire, a vu le facial devenir tout à fait insensible, comme nous l'avons constaté nous-même après cet expérimentateur.

J. Müller (2) admet au contraire qu'après la section du trijumeau, le facial conserve un reste de sensibilité, que d'ailleurs il ne rapporte pas non plus à des fibres sensibles propres à ce nerf : suivant lui, la principale cause de la sensibilité du facial doit être rapportée à une anastomose qui existe dans le canal de Fallope, entre ce tronc nerveux et le *rameau auriculaire* du pneumogastrique. Tout récemment Cl. Bernard (3) a cru devoir se ranger à cette opinion, d'après une expérience qu'il est parvenu à exécuter sur un gros chien préalablement anesthésié par le chloroforme.

V. Contrairement aux faits qui précèdent, Bischoff (4), Barthold, Gædechens (5), etc., pensent que le nerf facial doit sa sensibilité à ses *propres filets originels*, dans lesquels ils rangent un très petit tronc nerveux (*nerf de Wrisberg*), intermédiaire au facial et à l'acoustique. Ils assimilent ce tronc nerveux si grêle, déjà décrit par Wrisberg et Sœmmering (6), à une racine spinale postérieure, et citent le renflement gangliforme du premier coude du facial comme l'analogue du ganglion que présente chaque racine postérieure ou sensitive. En un mot, le facial serait originairement constitué par deux racines, comme chacun des nerfs rachidiens ou bien comme le trijumeau. La même opinion a été reproduite plus tard par Morganti (7).

Gædechens, se proposant de reconnaître si réellement le facial tire uniquement sa sensibilité des branches nerveuses avec lesquelles il s'anastomose, exécuta les expériences suivantes : Dans l'une, il coupa, sur un chien, le nerf sous-orbitaire, puis, en irritant les rameaux du facial anastomosés avec le nerf dont il venait de pratiquer la section, il développa de la douleur ; dans une autre expérience, il mit à nu une branche du facial anastomosée avec le nerf sous-orbitaire, et excisa, sans toucher à celui-ci, une partie de la première. En pinçant le bout de la branche qui tenait au sous-orbitaire, pas de douleur ; tandis que l'animal souffrit quand on irrita le bout opposé. Gædechens s'empressa de conclure de cette expérience insignifiante que l'impression douloureuse avait été transmise par le tronc du facial, et que, par conséquent, ce nerf était sensible par lui-même. Mais, comme le fait remarquer P. Bérard (8) dans un mémoire savamment raisonné sur le nerf facial, cet expérimentateur avait négligé de tenir compte d'une disposition anatomique qu'il importe de prendre en considération : on se rappelle que le nerf facial, avant de s'épanouir sur la face, reçoit du maxillaire inférieur deux ou trois rameaux anastomotiques qui s'y unissent au-devant du pavillon de l'oreille, et l'accompagnent dans son trajet et ses divisions ultérieurs, en sorte qu'il est impos-

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 222.
(2) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 573.
(3) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 28.
(4) *Nervi accessorii Willisii anat. et physiol.* Heidelberg, 1832, 73.
(5) *Nervi facialis physiol. et pathol.* Heidelberg, 1832.
(6) *De basi enceph.* (*Script. nevrol.* de LUDWIG, t. II).
(7) *Anatomia del ganglio genicolato*, dissert. inaug. (*Annali universali di medicina*, etc., juin 1845).
(8) *Journal des connaissances médico-chirurgicales*, t. II, p. 357.

bilité [illegible] ure pupillaire. Ces effets réunis ne s'observent que dans les paralysies [illegible] complètes. Toutefois, de ce que, même dans quelques-uns de ces cas, on verra [illegible] continuer de se mouvoir, il ne faudrait pas conclure que le trijumeau [illegible] de son rameau nasal, préside en partie aux mouvements de cette [illegible] En effet, Pourfour du Petit admet que le nerf moteur oculaire externe [illegible] dre au moteur oculaire commun et au rameau nasal de l'ophthal- [illegible], pour envoyer aussi des filaments à la partie postérieure du ganglion [illegible]. On m'a fait voir, une fois, une racine motrice très manifeste, allant du moteur oculaire externe à ce ganglion, et Grant, de New-York, m'a affirmé avoir observé plusieurs fois ce fait anatomique. Il fut conduit à le rechercher par un cas de paralysie du nerf moteur oculaire commun, avec persistance des mouvements de l'iris: le malade ayant succombé à une autre affection, Grant trouva, à l'autopsie, un rameau qui se rendait du moteur oculaire externe au ganglion ophthalmique, disposition propre à expliquer la persistance des contractions de la pupille (*).

Nerf pathétique.

On sait que ce nerf, émané d'une des divisions supérieures du faisceau antéro-latéral de la moelle, paraît s'en détacher au moment où cette division s'engage au-dessous des tubercules quadrijumeaux. L'origine particulière de ce nerf, sa terminaison dans le muscle grand oblique de l'œil, et les filets de la branche ophthalmique qui viennent s'adjoindre à lui pour la sensibilité du même muscle, tout autorise à n'accorder au pathétique qu'une influence exclusivement motrice: les expériences, aussi bien que les faits pathologiques, viennent à l'appui de cette opinion (**).

Ayant, chez divers animaux (*chien*, *cheval*, *bœuf*) appliqué le galvanisme, dans le crâne, aux nerfs pathétiques, j'ai constaté dans tous les cas, un strabisme divergent assez sensible; en même temps le globe de l'œil subissait, autour de son axe antéro-postérieur, une légère rotation ayant pour effet de relever un peu l'angle externe des paupières. Or, ces déplacements sont le résultat de la contraction de l'oblique supérieur.

Le nerf de la quatrième paire peut être paralysé chez l'homme; des faits de ce genre ont été signalés par Szokalski (1). Les symptômes de cette lésion sont les suivants :

(*) D'après ses expériences, CL. BERNARD (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, Paris, 1858, t. II, p. 209) admet que la destruction du nerf moteur oculaire commun, tout en produisant la dilatation permanente de la pupille, ne fait pas perdre à cette ouverture le pouvoir de se dilater encore ou de se rétrécir sous certaines influences : « La section du grand sympathique, au » cou, détruit toujours cette dilatation, et la galvanisation du nerf l'élargit davantage (BIFFI); l'action » de la belladone peut encore la dilater. Il n'y a donc pas, ajoute cet expérimentateur, à proprement » parler paralysie complète, c'est-à-dire perte de mouvement. »

En admettant que les mouvements de la pupille soient sous la double dépendance du moteur oculaire commun et du grand sympathique, nous aurons à examiner bientôt, à propos de l'étude physiologique de ce dernier, quel est le genre d'action que chacun de ces nerfs exerce sur les contractions de l'iris.

(**) Plusieurs anatomistes, notamment JOS. SWAN (*Illustrat. of the Nervous System*, etc.), et EUG. CURIE (*Monit. des hôpit.*, 1858, p. 670), affirment que le nerf pathétique envoie un filet à la glande lacrymale. Suivant E. CURIE, qui rappelle que d'après de récents travaux les glandes, *quant à leur excrétion*, dépendraient de nerfs moteurs, la *glande lacrymale* ne ferait donc pas exception.

(1) *De l'influence des muscles obliques de l'œil sur la vision et de leur paralysie.* Paris, 1840, in-8. — Mémoire adressé à la Société de médecine de Gand.

1° Impossibilité de la rotation de l'œil dans l'orbite. On reconnaît cette impossibilité quand on fait porter au malade, le regard étant fixe, la tête alternativement à droite et à gauche ; on voit alors que l'œil malade reste fixé et qu'il ne suit pas les rotations de son congénère.

2° Il y a constamment une diplopie et les deux images sont à la fois *superposées* et *inclinées* l'une par rapport à l'autre ; l'œil malade fournit l'image *oblique* et inférieure.

3° Cette double vision disparaît quand on incline la tête vers le côté opposé à l'œil affecté.

Ainsi l'action évidente, incontestable du nerf pathétique est de concourir, par l'intermédiaire de l'oblique supérieur, à la production des mouvements rotatoires du globe de l'œil; mouvements que nous avons analysés précédemment, et dont nous avons démontré toute l'importance dans l'exercice de la vision.

La quatrième paire, il est vrai, ne préside pas seule à la rotation de l'œil dans l'orbite, puisque le muscle oblique inférieur, également destiné à ce mouvement, est sous l'influence du moteur oculaire commun. Néanmoins je pense que le nerf qui nous occupe a, dans cet acte, la part principale, et qu'il est destiné à en régulariser et à en préciser l'exécution. Je considère également le nerf moteur oculaire externe comme le régulateur des mouvements de latéralité de l'œil.

Ch. Bell, qui ne s'est point occupé de l'action du pathétique dans la rotation de l'œil, accorde au contraire à ce nerf une influence spéciale sur les mouvements involontaires des yeux, pendant le clignement, le sommeil, la syncope, l'éternument, etc. ; influence qu'il croit due à l'origine de ce nerf sur le prolongement du faisceau médullaire latéral, et qu'il a exprimée par la dénomination qu'il lui donne de *nerf respiratoire de l'œil*. Mais toutes les assertions du célèbre physiologiste anglais, à cet égard, reposent sur une hypothèse que rien ne justifie, et s'appuient sur des faits incomplétement observés et mal interprétés.

Doit-on regarder le pathétique comme un nerf *involontaire*, non pas comme l'entendait Ch. Bell, mais en le considérant dans son action même sur le mouvement rotatoire de l'œil, dont nous parlions plus haut ? Il ne semble pas possible, en effet, d'exécuter volontairement ce mouvement quand la tête est immobile; mais alors cette qualification serait applicable aussi au rameau du muscle petit oblique, rameau provenant du moteur oculaire commun. A cet égard, je ferai observer, avec P. Bérard (1) « qu'il faut se garder de mal appliquer l'action volontaire des nerfs et des muscles : si plusieurs de ceux-ci concourent à une action, la volonté n'agit pas sur chacun d'eux en détail ; l'esprit veut l'action, et les muscles obéissent les uns par le relâchement, les autres par la contraction. »

Il ne nous semble pas qu'il y ait lieu d'admettre que le grand oblique soit soustrait à l'influence de la volonté plus que les autres muscles de l'œil, ni de considérer la quatrième paire comme plus *involontaire* que les autres nerfs de la vie de relation.

Nerf moteur oculaire externe.

En pinçant ou en divisant le moteur oculaire externe, dès son origine, on constate qu'il est insensible comme le moteur oculaire commun. L'expérience

(1) *Dict. de méd., ou Répert. génér. des sc. méd.*, t. XXI, p. 334, art. Œil, 2e édit.

propre à fournir ce résultat est fort délicate ; elle exige, après l'ablation de la voûte du crâne, qu'on déplace l'un des lobes cérébraux. Ce déplacement a lieu sans douleur, quand on l'effectue avec une extrême précaution, et il permet d'agir comparativement sur le trijumeau et le moteur oculaire externe ; alors on peut pratiquer la section de celui-ci, sans la moindre réaction de la part de l'animal (lapin), tandis que la plus légère excitation de celui-là ne manque point de lui arracher des cris plaintifs.

Galvanise-t-on le moteur oculaire externe dans l'intérieur du crâne, on voit le globe oculaire se dévier fortement en dehors.

J'ai dit qu'après la résection de la portion cervicale du grand sympathique, qui communique si largement avec la sixième paire, j'avais toujours observé chez les chiens, comme Petit et Molinelli, une constriction manifeste de la pupille du côté correspondant, et de plus un léger strabisme interne que j'avais d'abord cru propre à expliquer l'état de l'ouverture pupillaire.

Puisque le moteur oculaire externe anime le muscle droit externe de l'œil, on doit s'attendre, dans les cas assez rares de paralysie de ce nerf, et par conséquent de ce muscle, à voir le globe de l'œil se dévier fortement en dedans. En effet, Yelloly (1) a constaté un strabisme simple interne très prononcé, chez un homme dont la sixième paire était comprimée par une tumeur. Jobert (2) en rapporte une autre observation.

Il ne faut pas perdre de vue le cas de paralysie complète de la troisième paire que nous avons mentionné précédemment, et dans lequel Grant a noté une persistance des mouvements de l'iris qu'il attribue à la racine motrice que la sixième paire envoyait au ganglion ophthalmique.

Il nous a été impossible de déterminer, jusqu'à présent, quels sont les usages de l'anastomose si considérable du grand sympathique avec le nerf moteur oculaire externe.

Nerf masticateur.

On se rappelle que le nerf trijumeau présente, à son origine, deux racines : l'une, très volumineuse, exclusivement sensitive (*), et pourvue d'un ganglion (ganglion de Gasser) ; l'autre, fort grêle, qui passe au-dessous de ce renflement, sans concourir à sa formation.

Désignée par Bellingeri et Eschricht sous le nom de *nerf masticateur*, cette dernière racine du trijumeau a pour principal usage d'animer la plupart des muscles qui meuvent la mâchoire inférieure. Elle se distribue, en effet, à ses muscles élévateurs (temporaux, masséters, ptérygoïdiens internes) ; à ses diducteurs (ptérygoïdiens externes) ; à deux de ses abaisseurs (ventres antérieurs des digastriques et mylo-hyoïdiens) (**) ; de plus, elle préside à la contraction des muscles tenseurs du voile du palais (péristaphylins externes). Quelques physiologistes supposent que le muscle interne du marteau, ou tenseur de la membrane du tympan, est aussi sous la dépendance du nerf masticateur : en étudiant les usages du facial, nous

(1) BURDACH, *Gehirn*, etc., t. III, p. 345 et 302.
(2) *Études sur le système nerveux*, p. 176.

(*) Cette racine a été étudiée précédemment, p. 479 et suiv.

(**) Les génio-hyoïdiens, autres muscles abaisseurs de la mâchoire inférieure, sont animés par des rameaux de l'hypoglosse.

à mesure que nous étudierons l'influence de la septième paire sur chaque organe sensorial; seulement disons d'avance que, parmi ces annexes, les unes constituent des moyens de protection, tandis que les autres régularisent et facilitent l'exercice du sens.

1° *Influence sur la vue.* — Quand le nerf facial est coupé ou paralysé, la protection de l'œil, le cours des larmes, la vision elle-même, se trouvent compromis par suite du défaut d'action du muscle orbiculaire palpébral. L'occlusion des paupières devient impossible, et, dans les paralysies anciennes, la paupière inférieure se renverse légèrement en dehors; l'œil est plus ouvert que celui du côté opposé, ce qui se constate chez l'homme aussi bien que chez les animaux mis en expérience. Le degré plus grand d'ouverture des paupières dépend, dans ces cas, du muscle élévateur de la paupière supérieure, dont l'action persistante n'est plus contre-balancée par celle de l'orbiculaire palpébral. En l'absence du clignement, les paupières ne balayent plus avec rapidité la surface de la cornée, n'entraînent plus les corpuscules étrangers qui en altèrent la transparence, et qui deviennent une cause incessante d'irritation; aussi l'œil, sans cesse exposé à l'air et à la lumière, finit par s'enflammer, quelquefois même la cornée transparente devient opaque: Ch. Bell rapporte un exemple remarquable de cette dernière altération. Le plus souvent, néanmoins, la rotation et l'élévation du globe oculaire garantissent en partie cet organe. Le fluide lacrymal, dont la distribution à la surface de l'œil est abandonnée au seul effet de la pesanteur, n'y est plus répandu en une couche uniforme; au contraire, cette couche liquide est inégale, striée, d'où un trouble de la vision amené par la réfraction irrégulière des rayons lumineux. De plus, faute de l'action de certaines fibres de l'orbiculaire, désignées sous le nom de *muscles de Horner*, les points lacrymaux n'ont plus leur direction normale: aussi, les larmes s'écoulent-elles sur les joues. J'ai vu un malade de l'Hôtel-Dieu, placé dans le service de Blandin et affecté d'hémiplégie faciale, qui faisait aisément sortir de l'air par les points lacrymaux du côté paralysé toutes les fois que, la bouche et l'ouverture antérieure des narines étant closes, il exécutait un effort

cations du nerf facial, sont loin d'avoir émis une conclusion irréprochable. Selon la remarque judicieuse de P. Bérard (1), on ne saurait alléguer la direction de la douleur comme un argument sérieux en faveur de l'existence de la névralgie du nerf facial : en effet, puisque des rameaux de la cinquième paire se joignent au facial derrière la mâchoire, et accompagnent ses ramifications sur la tempe et la face, il n'y a aucune raison anatomique de supposer que l'un de ces nerfs plutôt que l'autre soit le siége de la douleur; et l'analogie doit nous faire pencher pour la cinquième paire, puisque c'est bien évidemment sur les divisions de ce nerf de sensibilité que siége le *tic douloureux* des autres points de la face.

Influence du nerf facial sur les fonctions des organes des sens.

Si l'on jette un coup d'œil général sur les muscles sous-cutanés de la face, on voit que, groupés pour la plupart autour des orifices sensoriaux, ils servent à leur dilatation ou à leur constriction : il en résulte que chaque orifice sensorial est pourvu d'un petit appareil musculaire *extérieur* qui, à une exception près, est toujours sous la dépendance du nerf facial.

L'orifice *oculaire* se ferme par l'action de l'orbiculaire palpébral, et se dilate par celle de l'élévateur de la paupière supérieure (*).—La constriction de l'orifice *nasal* est confiée au muscle triangulaire ou transversal du nez (Spigel et Albinus), et sa dilatation au muscle élévateur commun de l'aile du nez et de la lèvre supérieure, aidé peut-être du pyramidal. — C'est le muscle orbiculaire labial qui resserre l'orifice *buccal*, que dilatent, au contraire, les muscles buccinateurs ou dilatateurs transverses; les élévateurs de la lèvre supérieure, élévateurs communs et propres; les abaisseurs de la lèvre inférieure, les carrés; les élévateurs de la commissure, canin, grand zygomatique, petit zygomatique, et *risorius* de Santorini, quand ces deux derniers existent; les abaisseurs de la commissure ou muscles triangulaires.—Quant à l'orifice *auriculaire*, il est difficile, dans la plupart des animaux, de diviser ses muscles en constricteurs et en dilatateurs; car c'est seulement dans quelques oiseaux et quelques reptiles qu'on trouve, au-devant de la membrane du tympan, deux espèces de lèvres susceptibles de s'ouvrir et de se fermer, comme s'ouvrent et se ferment les paupières devant le globe de l'œil.

Indépendamment de ces appareils musculaires *extérieurs*, dont la contraction dépend des filets *directs* du nerf facial et du nerf moteur oculaire commun, je reconnais, pour chaque organe de sens, un autre appareil contractile *intérieur* ou profond, qu'animent des filets *indirects* (**) de ces mêmes nerfs : c'est l'iris pour l'organe de la vue, et le voile du palais pour celui de l'odorat; ce sont encore le muscle interne du marteau uni à la membrane du tympan pour l'organe de l'ouïe, et enfin les canaux excréteurs des glandes salivaires pour l'organe du goût (***).

Les analogies que présentent ces diverses annexes contractiles, superficielles ou profondes, leur mode d'agir relativement à chaque sens, seront indiqués au fur et

(1) *Mém. cit.*

(*) Ce muscle, animé par le *nerf moteur oculaire commun*, pourrait être regardé, à cause de son action sur l'une des paupières, comme un muscle sous-cutané de la face.

(**) J'applique cette dénomination à certains filets du facial et du moteur oculaire commun, qui, avant d'arriver à leur destination, traversent d'abord un *ganglion sympathique*.

(***) Un rapprochement physiologique entre l'*iris* et les *canaux salivaires* pourra paraître forcé et peut-être même choquant : je ne fais ici ce rapprochement que pour rappeler une analogie dans le mode de distribution nerveuse.

zontalement, tend à fermer en arrière les orifices des fosses nasales, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient ainsi le retour de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive. C'est en me basant sur ces observations et sur une analogie dans le mode de répartition nerveuse, qu'autrefois (1838), j'ai été amené à faire un rapprochement physiologique entre l'iris et le voile du palais, c'est-à-dire à voir dans ce dernier un moyen propre à nous défendre contre l'action d'odeurs désagréables, comme l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière trop intense.

Quant aux filets nerveux qui, venus du facial, se rendent aux muscles élévateurs du voile du palais (péristaphylins internes et palato-staphylin), j'ai démontré, dès 1838 (1), qu'ils partent du premier coude de ce nerf, et que, formant une *notable partie* du grand nerf pétreux, ils aboutissent au ganglion sphéno-palatin, duquel ils émergent bientôt pour se rendre à leur destination. — Sans parler de l'inspection anatomique, un nombre assez considérable de faits pathologiques est venu confirmer mon sentiment à cet égard. En effet, Montault (2) rapporte une observation d'hémiplégie faciale, recueillie dans le service de Bailly, et curieuse en ce sens qu'il y avait une paralysie concomitante de la luette *et d'une moitié du voile du palais*. J'ai vu moi-même, et j'ai fait voir à d'autres personnes un cas pareil dans le service de Chomel. Diday (3) a noté la déviation de la luette vers le côté opposé à celui de la face atteint de paralysie, et il ajoute que Cruveilhier l'a également constatée deux fois devant lui à la Salpêtrière. Dans tous ces cas de paralysie du nerf facial, et dans plusieurs autres observés par Séguin (4), la luette a *toujours* offert une déviation à gauche, si la paralysie était à droite, et *vice versâ*. Tous ces faits sont donc favorables à mon sentiment et tendent à établir que des filets du facial animent certains muscles du voile palatin, comme l'immobilité de la pupille, dans les cas de paralysie du nerf moteur oculaire commun, atteste que ce nerf préside aux mouvements de l'iris.

Cependant la déviation de la luette ne saurait avoir lieu toutes les fois que le facial suspend ses fonctions : elle ne devra se manifester que si la cause paralysante siége sur le nerf facial, *avant son premier coude et l'hiatus de Fallope*. Notre

Ayant appliqué le galvanisme au nerf facial, dans le crâne, Debrou (1) a constaté, une fois, des *mouvements très manifestes* du voile palatin, tandis que, dans quatre autres expériences, les résultats ont été négatifs : sa conclusion est que « le nerf facial ne donne aucun mouvement au voile du palais ». — Les résultats négatifs, obtenus par Debrou, sont exacts et se sont également offerts à mon observation ; mais voici les motifs qui m'empêchent d'en tirer la même conclusion. Le *plus souvent*, en galvanisant le nerf moteur oculaire commun, je n'ai point vu de contractions dans l'ouverture pupillaire : d'après le raisonnement qui précède, il faudrait donc conclure que ce nerf est étranger aux mouvements de l'iris, et pourtant la section ou la paralysie du moteur oculaire commun démontre positivement le contraire. Or, les filets du facial et du moteur oculaire commun, desquels il s'agit, sont les uns et les autres dans le même cas, c'est-à-dire qu'ils traversent des ganglions sympathiques avant d'arriver aux parties contractiles qu'ils font mouvoir; et il faut savoir que ces parties sont bien loin de réagir d'une manière constante, quand on applique le galvanisme à leurs nerfs modifiés dans leur passage à travers des ganglions. Si l'on n'observe pas toujours des contractions manifestes dans le voile du palais, à la suite de l'irritation galvanique du facial, on n'est donc point autorisé à en induire que ce nerf n'a aucune influence sur les mouvements de cette partie.

En admettant que notre opinion ait encore besoin de nouvelles preuves, qu'on veuille bien au moins reconnaître que les objections qui viennent d'être passées en revue ne sont pas assurément de nature à la faire abandonner.

On verra bientôt que, d'après nos recherches, ce sont encore des filets du facial, d'abord anastomosés avec le glosso-pharyngien, qui font contracter les muscles des piliers du voile du palais (*glosso-staphylins* et *pharyngo-staphylins*).

3° *Influence sur l'ouïe.* — Le petit appareil musculaire annexé au pavillon de l'oreille paraît avoir surtout pour usage, chez certains animaux, de diriger ce pavillon vers les points d'où partent les ondes sonores, et d'aider ainsi à la fonction auditive. Cependant, ce n'est point en tenant sous sa dépendance la contraction des muscles de l'oreille externe, que le facial peut agir sur l'ouïe d'une manière bien appréciable. Quant à ceux de l'oreille moyenne, on sait que l'existence des muscles antérieur et externe du marteau est problématique, aussi bien, par conséquent, que celle des filets nerveux que Caldani, Langenbeck, Bock et Hirzel ont cru leur être envoyés par la corde du tympan. Mais, selon nous, il est incontestable que le facial envoie *directement* un filet au muscle de l'étrier, et *indirectement* un ou deux autres au muscle interne du marteau. Ceux-ci procèdent du ganglion otique, comme les filets moteurs de l'iris proviennent du ganglion ophthalmique : or, puisque le ganglion optique emprunte sa racine motrice (*nerf petit pétreux*) au facial, de même que le ganglion ophthalmique tire la sienne du moteur oculaire commun, on peut donc croire (les contractions de l'iris étant sous la dépendance de ce dernier nerf) que celles du muscle interne du marteau sont soumises indirectement au nerf facial.

Richerand (2), assimilant le rôle de la membrane du tympan, des muscles de l'étrier et du marteau, à celui de l'iris, considère ces organes comme des *modérateurs* des impressions auditives et visuelles.

(1) *Thèse cit.*, p. 22 et suiv.
(2) *Nouveaux éléments de physiologie*, 10e édit., t. II, p. 260.

A l'aide d'expériences ingénieuses, Savart (1) a démontré que la membrane du tympan, desséchée et recouverte de sable, exécute sous l'influence d'un corps sonore, quand on l'abandonne à elle-même, des mouvements tels que les grains de sable peuvent être lancés à trois ou quatre centimètres de hauteur; tandis que, quand le muscle interne du marteau agit, et que, par conséquent, la membrane est tendue, il devient difficile de produire des mouvements appréciables dans les corpuscules indiqués : « De sorte, ajoute-t-il, qu'on serait induit à penser que les usages de ce petit muscle consistent, comme ceux de l'iris, à préserver l'organe des impressions trop fortes qu'il pourrait recevoir dans certaines circonstances. »

Dès lors, dans le cas de paralysie du nerf facial, *à son origine*, et, par conséquent, du muscle interne du marteau qu'il anime par l'entremise du ganglion otique, il est permis de pressentir que l'on devrait observer une susceptibilité anormale de l'ouïe, analogue à celle qui survient du côté de l'organe de la vue, quand l'iris est dilaté et immobile par suite d'une paralysie du nerf moteur oculaire commun. En effet, le professeur Roux (2), dans son récit de l'hémiplégie faciale qu'il éprouva en octobre 1821, s'énonce ainsi : « J'ai éprouvé, pendant toute la durée de la maladie, un phénomène fort singulier : c'était une disposition de la membrane du tympan à être douloureusement ébranlée par les sons un peu forts. »

Cette particularité, sur laquelle l'attention des observateurs ne s'est point dirigée, a dû se reproduire un certain nombre de fois; d'ailleurs, elle confirme pleinement ce qui précède, en même temps qu'elle révèle au moins une partie du rôle que le facial ou son accessoire (*nerf de Wrisberg*) est appelé à remplir dans l'audition.

Pour la surdité, qui parfois coïncide avec la paralysie de la face, elle doit être sans doute attribuée à ce que la même cause morbide a suspendu à la fois l'action du nerf acoustique et celle du nerf facial. Du reste, cette suspension simultanée de fonctions s'explique par les rapports immédiats de ces nerfs, à leur origine et dans leur trajet intra-crânien.

Quant à la *corde du tympan*, qu'à cause de son trajet remarquable dans l'oreille moyenne, il a paru difficile de regarder comme étrangère à l'ouïe, on ne possède aucune donnée satisfaisante relativement à son action sur ce sens spécial. On a supposé que la corde du tympan, excitée par les vibrations de l'air contenu dans la caisse, transmettait cette impression au nerf facial dont elle provient, et que celui-ci faisait à son tour entrer en contraction le muscle tenseur de la membrane du tympan. Mais il est impossible de citer la moindre preuve plausible à l'appui de cette hypothèse.

Nous reviendrons tout à l'heure sur les usages, étrangers à l'audition, qui ont été attribués à la corde du tympan.

On a déjà vu que la nature sensitive du *nerf intermédiaire de Wrisberg* n'était rien moins que démontrée. Ce nerf ne serait-il pas plutôt destiné à fournir, d'une part, le petit nerf pétreux qui, ayant traversé le ganglion otique, se rend au muscle interne du marteau, et, d'autre part, le rameau nerveux qui anime le muscle de l'étrier? S'il en était ainsi, *le nerf de Wrisberg ferait mouvoir les*

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 294.
(2) *Thèse inaug.* de DESCOT, 1822, n° 232, p. 145.

muscles de l'oreille moyenne, et fournirait la racine motrice du ganglion otique, comme le moteur oculaire commun fait mouvoir la plupart des muscles de l'œil, et fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique : c'est à ce point de vue que j'ai proposé autrefois de l'appeler NERF MOTEUR TYMPANIQUE. Il en résulterait qu'il faudrait faire dépendre la susceptibilité anormale de l'ouïe, signalée plus haut, de la lésion concomitante de ce petit tronc nerveux, et non de celle du facial proprement dit, comme je l'avais d'abord supposé à dessein.

Par conséquent, dans mon hypothèse que d'ailleurs l'analogie autorise, il y aurait un nerf particulier pour animer les muscles qui se rapportent au délicat exercice de l'ouïe, comme il en existe qui sont spécialement affectés aux muscles en rapport avec l'exercice de la vue.

4° *Influence sur le goût.* — Les lèvres et les joues concourent à retenir dans la bouche les corps sapides durant le temps nécessaire à leur impression sur l'organe du goût. On sait déjà que la contraction des muscles de ces parties dépend du nerf facial qui, par conséquent, devient en quelque sorte un auxiliaire de la gustation : aussi, ce nerf ne fonctionnant plus, voit-on, pendant les repas, les aliments sortir par le côté paralysé ou s'accumuler entre les arcades dentaires et les joues, et la commissure labiale paralysée donner quelquefois écoulement à une certaine quantité de salive.

J'ai dit qu'indépendamment de l'appareil musculaire entourant l'orifice buccal, appareil qui agit aussi dans la prononciation, la sputation, la succion, etc., j'admettais aussi, pour l'organe du goût, des annexes contractiles profondes, représentées par les *canaux excréteurs des glandes salivaires :* ces parties, sous certains rapports, il est vrai bien éloignés, sont assimilables à l'iris, au muscle interne du marteau, etc. Quand un corps fortement sapide impressionne la muqueuse gustative, on sait qu'une sécrétion salivaire abondante a lieu afin d'amoindrir l'action trop stimulante de ce corps, comme a lieu aussi une contraction protectrice de l'iris ou du muscle interne du marteau pour défendre l'œil ou l'oreille contre une lumière ou un son trop intense. Or, la salive s'écoule dans des canaux dont la force contractile doit s'accroître en proportion de la quantité de salive sécrétée, et, chose digne de remarque, si l'iris, le muscle interne du marteau, certains muscles du voile du palais sont animés par des filets du moteur oculaire commun et du facial, qui traversent d'abord les ganglions ophthalmique, otique et sphéno-palatin, de même les canaux excréteurs de la salive paraissent devoir aussi leur contractilité à des filets du facial qui traversent les ganglions sous-maxillaires et parotidiens (*). Le mode de distribution nerveuse semble donc déjà établir ici quelque ressemblance. Puis, en considérant que la salive est un liquide essentiel à l'exercice et à la protection du sens gustatif, ce n'est peut-être pas pousser trop loin les analogies que d'assimiler, sous certains rapports, les organes qui sécrètent ce liquide et ceux qui le conduisent, à d'autres organes qui, comme l'iris, le muscle interne du marteau et la membrane du tympan, le voile du palais, concourent aussi à l'exercice et à la protection des sens de la vue, de l'ouïe et de l'odorat.

(*) Dans les environs du col du condyle de la mâchoire inférieure, j'ai signalé (*Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 423) l'existence de quelques renflements ganglionnaires, faciles à distinguer surtout chez le cheval. Le facial fournit les *racines motrices*, et l'auriculo-temporal les *racines sensitives* de ces ganglions parotidiens dont les *ramuscules moteurs* enlacent le canal de STENON, tandis que les *ramuscules sensitifs* plongent sans doute dans l'épaisseur de la parotide.

Sans vouloir nier que la *corde du tympan* n'ait d'autres usages, je pense donc qu'un certain nombre de ses filets constituent la racine motrice du ganglion sous-maxillaire, au même titre qu'une partie du *grand nerf pétreux* représente la racine motrice du ganglion sphéno-palatin, et que le *petit nerf pétreux* (*) représente celle du ganglion otique.

Quant aux autres filets de la corde du tympan, ils restent unis et confondus avec le nerf lingual. Les observations pathologiques et les expériences tendent à établir leur influence sur la *gustation*, puisque l'altération du goût a été constatée dans des cas où le nerf facial était paralysé ou divisé au-dessus de l'origine de la corde du tympan : mais on est encore loin de s'entendre sur la nature de cette influence, les uns voulant faire de la *corde du tympan* un nerf moteur, les autres un nerf sensitif, les autres enfin un nerf mixte (**).

Usages des anastomoses du facial avec les nerfs pneumogastrique et glosso-pharyngien. — Indépendamment du filet *direct* destiné au muscle de l'étrier et des filets *indirects* ou ganglionnaires précédents, qui tous sont fournis par le facial ou par le nerf de Wrisberg, *dans l'intérieur de l'oqueduc de Fallope*, il ne faut point oublier deux rameaux anastomotiques, l'un avec le pneumogastrique, l'autre avec le glosso-pharyngien. Quel est le but fonctionnel de ces anastomoses ?

Le nerf glosso-pharyngien, devenu mixte par l'adjonction d'un rameau du facial et par son union avec le rameau pharyngien du spinal, se distribue à la muqueuse pharyngienne, à celle des piliers du voile du palais, etc., tandis que les filets em-

(*) J'ai dit ailleurs que le filet du facial que je désigne ainsi n'est pas le même que celui auquel FR. ARNOLD applique la dénomination de *petit nerf pétreux*.

BELLINGERI, *De nervis faciei; quinti et septimi nervorum paris functiones*. Turin, 1818. — MONTAULT, *Thèse inaug.*, 1831, n° 300. — DIDAY, *Gazette médicale de Paris*, août 1842. — CL. BERNARD, *Annales méd.-psycholog.*, mai 1843, et *Archives génér. de méd.*, 1844, t. VI. — VERGA, *Gaz. méd. de Milan*, 24 juin 1843.

(**) Admettant la nature purement motrice de la corde du tympan, GUARISI (*Annali universali di medicina*, 1842) affirme que ce rameau du facial aboutit spécialement au *muscle lingual* et au muscle stylo-glosse ; qu'en animant surtout le premier de ces muscles, il a de l'influence sur l'arti-

pruntés au spinal se terminent dans les muscles constricteurs du pharynx, et que ceux venus du facial s'arrêtent spécialement, suivant moi, dans les muscles des piliers, c'est-à-dire *glosso-staphylins* et *pharyngo-staphylins*. Richet, alors prosecteur de la Faculté, m'a fait voir, depuis, une préparation entièrement confirmative de mon opinion : il s'agissait d'un rameau du facial, qui, au lieu de s'anastomoser d'abord comme à l'ordinaire avec le glosso-pharyngien, allait *isolément* se répartir, d'un côté, dans les muscles glosso-staphylin et pharyngo-staphylin. Cette préparation figure aujourd'hui dans les collections du musée de l'Ecole de médecine. — Il en résulte qu'à mes yeux le nerf facial préside à la contraction de tous les muscles du voile palatin, excepté le péristaphylin externe, qui est animé, comme on le savait, par la racine motrice du trijumeau. C'est par l'entremise du grand nerf pétreux et du ganglion sphéno-palatin que le facial se distribue aux muscles péristaphylin interne et palato-staphylin; et c'est par l'entremise du rameau anastomotique qu'il envoie au glosso-pharyngien que le même nerf facial parvient aux muscles glosso-staphylins et pharyngo-staphylins. — De là cette remarque entièrement neuve, alors que je la signalai en 1838 : le nerf facial, qui anime les muscles constricteurs et dilatateurs des orifices nasal et buccal, *anime aussi les muscles qui dilatent et ceux qui resserrent l'orifice bucco-pharyngien.*

Dans divers ouvrages et mémoires récents de physiologie, cette opinion est adoptée et présentée avec de légères variantes, sans indication de son origine (*).

En admettant que le rameau anastomotique du facial avec le pneumogastrique (rameau de la fosse jugulaire) présente des filets se rendant de ce dernier à l'oreille externe ou bien au facial, comme le disent quelques anatomistes, nous avons néanmoins la certitude que plusieurs autres filets vont aussi du facial au pneumogastrique : ceux-ci parviendraient-ils ultérieurement jusqu'au larynx, et le facial influencerait-il donc *tous les orifices* que l'air doit traverser avant d'arriver aux organes pulmonaires? S'il en était ainsi, la dénomination, d'ailleurs impropre, de *nerf respiratoire* lui serait applicable dans un sens beaucoup plus large que ne l'entendait Ch. Bell.

Influence du nerf facial sur la sécrétion salivaire. — La section de la corde du tympan, d'après Schiff (1), empêche l'effet ordinaire des excitations de la muqueuse de la langue sur la sécrétion des glandes sous-maxillaire et sublingale. L'arrachement du facial, suivant cet expérimentateur, a la même influence sur la parotide, c'est-à-dire qu'il suspend aussi la sécrétion de cette glande.

Cl. Bernard (2) a fait, à ce sujet, les expériences les plus variées. Un tube étant introduit dans le canal excréteur de Wharton, on verse quelques gouttes de vinaigre sur la langue de l'animal (chien), et aussitôt on voit la salive s'écouler abondamment par le tube. Les préliminaires de l'expérience étant ainsi établis, vient-on à diviser la corde du tympan, dans l'oreille moyenne, et ensuite à verser de nouveau un peu de vinaigre sur la langue, on constate que la sécrétion de la salive par la glande sous-maxillaire est supprimée. Elle reparaît, au contraire, si l'on galvanise le *bout périphérique* de la corde du tympan, tandis que l'effet est

(*) Dans son intéressant *Mémoire sur la paralysie générale ou partielle des deux nerfs de la septième paire* (lu à la Société de biologie, en mars 1852), DAVAINE a confirmé et développé nos idées, en citant des observations avec gêne de la déglutition, nasonnement et paralysie du voile du palais, chez l'homme.

(1) *Archives de Tubingue*, 1851, p. 581.
(2) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 144-166.

nul en agissant de la même manière sur le bout central. — Ménageant la corde tympanique, coupe-t-on les deux nerfs linguaux, sur un autre chien, dans le but d'interrompre toute communication sensitive avec l'encéphale, et dépose-t-on ensuite quelques gouttes de vinaigre sur la partie antérieure de la langue de l'animal, il ne s'écoule plus de salive par le tube, comme cela s'observe à l'état normal; et, en effet, l'impression sapide n'est pas perçue. Mais la galvanisation du *bout central* de l'un des nerfs linguaux donne lieu à l'écoulement de la salive sous-maxillaire, sans doute parce qu'alors une sensation gustative est produite; l'effet est négatif si la même excitation est appliquée aux bouts périphériques des nerfs linguaux. — De ces expériences, Cl. Bernard conclut que la transmission de l'excitation de la muqueuse buccale à la glande sous-maxillaire s'effectue par l'entremise du *nerf lingual* qui d'abord conduit l'impression aux centres nerveux, lesquels renvoient, par la *corde du tympan*, à cette glande salivaire l'influx moteur indispensable à sa sécrétion comme à son excrétion.

Quant à la parotide, le même expérimentateur met à nu le canal de Sténon, y place un tube et constate d'abord que, sous l'influence d'un peu de vinaigre versé dans la gueule de l'animal, la salive coule en abondance; alors il divise le nerf facial à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, et la salive continue de s'écouler par le tube, preuve que ce ne sont point les filets du facial traversant la parotide qui en régissent la sécrétion. Mais celle-ci se supprime quand on divise le facial *dans le crâne;* d'où la conclusion qu'elle est sous la dépendance des filets fournis par ce nerf dans le canal de Fallope.

Ce ne serait point au nerf facial proprement dit, mais au *nerf intermédiaire de Wrisberg*, que, d'après Cl. Bernard, il faudrait attribuer la précédente influence sur la sécrétion salivaire en général. Suivant ce physiologiste, le nerf de Wrisberg (nerf moteur) pourrait être considéré comme une dépendance du système du grand sympathique, comme une de ses racines céphaliques accolée au facial, et fournissant les grand et petit nerfs pétreux, ainsi que la corde du tympan. Le ganglion otique aurait sur la sécrétion de la parotide la même influence que le ganglion sous-maxillaire sur la sécrétion de la glande sous-maxillaire.

Mais il faut bien convenir que, jusqu'à présent, tout cela n'est qu'hypothétique. Par conséquent, il n'y a pas encore lieu pour nous d'abandonner notre ancienne manière de voir, qui consiste à faire du *nerf de Wrisberg* une paire nerveuse spécialement affectée aux muscles du tympan : de là le nom de *nerf moteur tympanique*, sous lequel nous avons proposé de le désigner.

Plus tard, en nous occupant de l'action du grand sympathique sur les fonctions de nutrition, nous rappellerons les précédents phénomènes : sachons que, d'ailleurs, il y a aussi, dans les glandes salivaires des filets nerveux qui proviennent du ganglion cervical inférieur, et qu'en excitant le grand sympathique, au cou, on influence en effet la sécrétion de ces glandes.

C'est seulement alors que nous signalerons aussi les *changements de température* qu'on a observés à la face après l'arrachement du nerf facial.

Nous terminerons l'histoire physiologique du facial en rappelant certaines particularités qu'on a observées dans les paralysies de ce nerf chez l'homme, et qu'il importe au clinicien de connaître. Quand ces paralysies ont pour cause une affection des centres nerveux en avant de la protubérance, elles ont toujours lieu du côté opposé à la lésion, et siégent, par conséquent, du même côté que

l'hémiplégie du reste du corps. Mais, si la lésion existe dans la protubérance ou au-dessous d'elle, l'hémiplégie faciale pourra se manifester du côté opposé à la paralysie des membres : c'est l'*hémiplégie alterne* (Gubler), déjà signalée par Burdach, Romberg, Nasse, Lebert, Friedreich, etc., comme un signe de lésion d'une moitié latérale de la protubérance, et sur laquelle Gubler (1) a récemment publié un important travail ; elle a été regardée comme la conséquence de la décussation des nerfs faciaux (2). Ainsi, suivant que la lésion siégerait au-dessus ou au-dessous de cette décussation, la paralysie faciale serait ou non directe.

Nerf grand hypoglosse.

I. Nous savons déjà que tous les nerfs qui émergent du sillon collatéral antérieur de la moelle sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la motilité : or, au bulbe, l'hypoglosse se voit sur le prolongement de ce même sillon ; de plus, sa distribution rappelle un nerf essentiellement moteur. Cependant Mayer (3) prétend que, chez le bœuf, le chien, etc., il offre une petite racine postérieure assimilable aux racines spinales postérieures ou sensitives, et ce physiologiste croit devoir faire de l'hypoglosse *un nerf mixte* presque dès son origine. Nous avons lieu de penser que Mayer a rencontré une disposition que nous avons vue nous-même, c'est-à-dire une certaine divergence des filets radiculaires, dont quelques-uns, à la vérité dirigés en arrière, étaient pourtant loin de parvenir jusqu'au corps restiforme : ces filets se réunissant, chez le bœuf et le chien, en plusieurs fascicules, dont un est parfois postérieur aux autres, ce n'est point une raison pour assimiler à la racine sensitive d'un nerf rachidien ce dernier fascicule, qui, d'ailleurs, ne nous a jamais rien présenté de ganglionnaire.

Ajoutons que, chez les chiens, en expérimentant sur le nerf accessoire de Willis, nous avons pu agir sur les filets originels de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien, et que jamais l'arrachement de ces filets n'a paru être accompagné de douleur.

II. Lorsque, sur des chiens ou sur des chats, j'ai pincé ou divisé l'hypoglosse, *au-dessus de l'os hyoïde*, la douleur a toujours été assez vive pour leur arracher des cris plaintifs. « Quand on pince la neuvième paire (*hypoglosse*), dit aussi Herbert-Mayo (4), sur un chien ou un chat vivant, il en résulte de la douleur. » Magendie (5) a obtenu les mêmes résultats. Panizza (6) est assurément dans l'erreur quand il affirme que, chez le chien, l'irritation et l'excision de l'hypoglosse ne sont point douloureuses.

Si, d'après nous, l'hypoglosse du chien n'offre pas une racine postérieure ou sensitive, cette racine, de l'aveu de Mayer lui-même, ne s'observe point dans les chats. Dès lors, comment se rendre compte, chez ces derniers, de la sensibilité de l'hypoglosse, et surtout, comment expliquer qu'insensible à son origine, sur le chien, il devienne sensible ultérieurement ? — Ce nerf ne jouit que d'une sensibilité

(1) *De l'hémiplégie alterne envisagée comme signe de lésion de la protubérance annulaire et comme preuve de la décussation des nerfs faciaux* (*Gaz. hebdom. de méd. et de chir.*, 1856, nos 43, 45, 46). — Même recueil, 1858-59, t. V, et VI.
(2) PHILIPEAUX et VULPIAN. *Thèse inaug.*, 1853, n° 170 (A. Vulpian).
(3) *Physiol. du syst. nerv.* par J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 112 et 113.
(4) *Journ. de phys. expérim.*, t. III, p. 355.
(5) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 290.
(6) *Ricerche sperimentali sopra i nervi*, etc. Paris, 1834.

d'emprunt comme le facial, et il la doit principalement aux filets anastomotiques qui lui sont envoyés par la première anse du plexus cervical : toutefois les anastomoses avec le nerf lingual ne sont peut-être pas sans influence sur la sensibilité des rameaux qui terminent l'hypoglosse (*).

III. L'effet le plus manifeste qui résulte de la *résection* des deux nerfs hypoglosses est l'abolition immédiate et permanente de la contraction volontaire de tous les muscles de la langue, sans lésion de la sensibilité tactile et gustative de cet organe. Si, comme le fait remarquer Panizza (1), on laisse pendant quelque temps un chien auquel on a coupé ces nerfs, sans manger ni boire, et qu'on vienne ensuite à lui présenter une quantité déterminée de lait, l'animal approche son museau avec avidité, et exécute avec sa tête et sa mâchoire inférieure les mêmes mouvements qu'il ferait pour laper, sans toutefois pouvoir tirer sa langue hors de la bouche; si bien qu'après quelques tentatives inutiles, il renonce à son entreprise. Alors pèse-t-on le liquide, on en retrouve exactement la même quantité. Si l'on offre à l'animal un morceau de pain trempé dans du lait, il le saisit avec voracité, et se met à le mâcher; mais à peine est-il divisé, qu'il le laisse tomber pour le reprendre encore, le subdiviser, et ainsi de suite, jusqu'à ce que, après l'avoir réduit en très petits fragments, il l'abandonne. Si, par hasard, la pointe de la langue vient, pendant les mouvements de la tête, à sortir par l'un ou l'autre angle de la bouche, elle reste dehors sans que le chien puisse la retirer, en sorte que, pendant les mouvements de mastication, il la mord et pousse des cris de douleur.

La section des nerfs hypoglosses paralyse non-seulement les mouvements volontaires de la langue et ceux qui concourent à l'acte de la mastication, mais elle annule encore ceux qui aident à l'accomplissement de la déglutition, comme le démontre l'expérience suivante. Si l'on forme un bol avec des débris de pain et de viande, et qu'on le mette sur la face dorsale de la langue d'un chien, il se livre d'abord à des mouvements tels, pour le déplacer, qu'il devient évident que cet animal éprouve les plus grandes difficultés à y parvenir. Cependant on croirait qu'avec tous ces mouvements il va finir par le mâcher et l'avaler; mais, si le bol alimentaire ne s'échappe point de la bouche par suite des mouvements de la mâchoire inférieure, il se loge entre la langue et l'arcade dentaire, et on l'y retrouve encore après plusieurs heures. La déglutition ne s'opère donc pas, à moins que le bol alimentaire ne pénètre dans le pharynx, en y tombant par l'effet de son propre poids; encore, même dans ce cas, elle ne s'exécute qu'imparfaitement, attendu que le bol, comprimé par les constricteurs du pharynx, se divise et revient, en partie, dans la bouche par son orifice postérieur que la langue paralysée ferme d'une manière incomplète. Le même effet a lieu si, pour faire boire l'animal, on lui verse un liquide dans la bouche. De là résulte qu'il faut beaucoup de temps et de patience pour nourrir l'animal auquel on a fait subir cette mutilation, et pour l'empêcher de mourir de faim.

Une particularité qu'il n'est pas sans intérêt de noter, avec Panizza, c'est que, quand par hasard on renverse ou retourne la langue du chien, en introduisant des aliments dans sa bouche, l'animal baisse et secoue chaque fois la tête avec la bouche ouverte, pour remettre sa langue en position naturelle.

(*) Nous avons dit précédemment (p. 503 et suiv.) quelle interprétation on est en droit de donner de l'anastomose de l'hypoglosse avec le pneumogastrique.

(1) *Mém. cit.*

Puisque l'animal qui a subi la résection des nerfs hypoglosses, et auquel on dépose un morceau d'aliment sur le dos de la langue, accomplit certains mouvements qui dénotent en lui la volonté de mouvoir cet organe; puisque, dans les mouvements de mastication qu'il exécute, si la langue vient à se placer entre ses dents, il la mord et il crie; puisque enfin, celle-ci étant retournée, il cherche, par les mouvements de sa tête, à la remettre dans sa position habituelle, il faut en conclure que l'animal *sent* sa propre langue, et que par elle il sent aussi le contact des corps étrangers. Du reste, pour avoir une preuve plus convaincante de ce fait, il suffit de piquer la langue dans tous les points de son étendue, depuis sa pointe jusqu'à sa base : à chaque piqûre, l'animal donne des signes non équivoques de douleur, et, si l'on se rapproche de la base, des efforts de vomissement surviennent.

Ces faits démontrent donc que la section des nerfs hypoglosses n'entraîne aucunement la perte de la *sensibilité générale* de la langue.

Quant à la sensibilité spéciale ou *gustative*, il est difficile de savoir si les efforts auxquels se livre l'animal, après qu'on lui a déposé l'aliment sur la langue, sont provoqués par le simple contact, par l'odeur ou la saveur de la substance alimentaire : aussi avons-nous toujours fait usage, dans nos expériences, de la solution aqueuse concentrée de coloquinte qui, complétement inodore, possède une saveur amère des plus prononcées. A peine une ou deux gouttes ont-elles impressionné la surface de la langue, que le chien agite violemment sa tête et ses lèvres, grimace et exécute des mouvements brusques de mastication, comme s'il cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable.

La *sensibilité gustative* de la langue persiste donc chez un animal auquel on a coupé les deux nerfs hypoglosses.

Comme contre-épreuve, pour démontrer que les hypoglosses sont entièrement étrangers à la sensibilité tactile et à la sensibilité gustative de la langue, il suffit d'ailleurs de rappeler que la section du lingual et du glosso-pharyngien, de chaque côté, fait *complétement* disparaître de cet organe le tact et le goût.

Il résulte évidemment de tous les faits qui précèdent que les nerfs hypoglosses tiennent sous leur dépendance immédiate la contraction volontaire des muscles de la langue : mais il faut se rappeler que la plupart des muscles antérieurs ou latéraux du cou, animés, soit par le plexus cervical, soit par le nerf masticateur ou le facial, peuvent encore agir, d'où des mouvements *communiqués* à la langue paralysée.

IV. Si, immédiatement après avoir divisé le nerf hypoglosse, on applique les deux pôles d'une pile à son bout *périphérique*, on provoque des secousses convulsives très manifestes dans la langue; tandis que cet organe demeure immobile, quand on fait agir le galvanisme sur le nerf lingual ou sur le nerf glosso-pharyngien, mis d'abord dans les mêmes conditions.

Cette simple expérience contribue aussi à démontrer que, des trois nerfs de la langue, l'hypoglosse est le nerf moteur, à l'exclusion des deux autres qui ne peuvent le suppléer dans ses fonctions, ni lui servir d'auxiliaire.

J'ai dit (page 561) ce qu'on doit penser de l'assertion de Guarini, qui attribue à la *corde du tympan* l'usage de présider aux contractions linguales en rapport avec l'articulation des sons.

V. *Opinions diverses sur les usages du nerf hypoglosse. — Historique.* — Galien (1) rangea ce nerf au nombre de ceux qu'il appelle « *duri et motorii* », et déjà il en fit le nerf moteur de la langue, réservant au seul nerf lingual la faculté de transmettre les impressions sapides.

Au contraire, Boerhaave (2), se fondant sur ce que le nerf hypoglosse est uniquement destiné à la langue, tandis que la cinquième paire se distribue à diverses autres parties, regarda le premier comme chargé des fonctions gustatives, et crut que « le rameau que la cinquième paire envoie à la langue ne sert qu'à ses mouvements musculeux, comme il fait ailleurs. »

L'opinion de Boerhaave fut adoptée et défendue par plusieurs anatomistes célèbres, au nombre desquels il faut citer Lecat (3), Cheselden (4), Lieutaud (5) et Heuermann (6). Ce dernier rapporta même un cas où une *prétendue section* de l'hypoglosse, dans une opération sur l'homme, fut suivie de la perte du goût : mais, en lisant le récit de cette observation, on reste convaincu que le nerf qui avait dû être coupé n'était point celui qui nous occupe, mais bien le rameau lingual de la cinquième paire.

Le sentiment de Willis (7) tient le milieu entre celui de Galien et celui de Boerhaave. D'après l'illustre physiologiste anglais, l'hypoglosse, quoique présidant surtout aux mouvements de la langue, n'en aurait pas moins de l'influence sur le goût. Vieussens (8), Hoffmann (9), Bohn (10), Ortlob (11), Morgagni (12), Lechmans (13), professèrent les mêmes idées, dernièrement reproduites par Ribes (14). Tous ces auteurs s'accordent, en effet, à supposer que l'hypoglosse envoie des filets à la muqueuse de la langue, et quelques-uns même affirment les y avoir suivis jusque dans les papilles. Nul doute que des filets anastomotiques du nerf lingual n'aient dû être pris pour des filets de l'hypoglosse : pourtant il faut savoir qu'il existe, à la base des papilles, des éléments contractiles auxquels peuvent se rendre quelques fibres terminales de l'hypoglosse ; mais ces fibres, pas plus que toutes les autres qui proviennent de la même paire nerveuse, ne sont certainement en rapport avec la sensibilité spéciale de la langue.

nière de voir la plus ancienne, celle de Galien, qui considérait l'hypoglosse (*sa septième paire*) comme destiné *exclusivement* à influencer la contraction musculaire.

Nerf spinal.

En traçant l'histoire physiologique du nerf pneumogastrique, nous avons démontré qu'avec Bendz (1) on devait distinguer deux portions dans le nerf spinal : l'une *bulbaire* et l'autre *cervicale*.

La *portion bulbaire* (branche interne ou anastomotique des auteurs), dont les filets originels proviennent du bulbe rachidien, dans l'intervalle qui sépare la première paire cervicale du nerf pneumogastrique, a déjà été, pour nous, l'objet d'une étude détaillée (page 506 et suiv.) : de cette étude il est résulté qu'elle préside spécialement à la phonation, qu'elle concourt aussi à influencer les mouvements du pharynx et ceux de l'extrémité supérieure de l'œsophage ; tandis que l'action propre qu'on lui a accordée sur les mouvements organiques du poumon, du cœur, de l'estomac et des deux tiers inférieurs de l'œsophage, est fort hypothétique.

Quant à la *portion cervicale* du nerf spinal (branche externe), qui seule doit maintenant fixer notre attention, elle naît sur les côtés de la moelle cervicale, dans une étendue un peu variable, et va se ramifier dans les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze, qui reçoivent en outre des rameaux du plexus cervical.

I. Cette dernière division du spinal est-elle insensible et exclusivement motrice ? Toutes les fois que, sur le chien, j'avais pu la saisir entre les mors d'une pince ou l'arracher à l'aide d'un petit crochet disposé pour cet usage, l'animal ne m'avait point paru souffrir ; mais, depuis, Cl. Bernard (2) a reconnu que ce nerf jouit d'une *sensibilité récurrente* empruntée à la racine postérieure de la deuxième paire cervicale. Du reste, la branche externe du spinal, *en dehors du rachis*, m'a toujours semblé être assez sensible, sans doute à cause des filets anastomotiques que lui envoient plusieurs branches antérieures des nerfs cervicaux. Quoi qu'il en soit, nous n'en pensons pas moins que le spinal n'est que moteur par lui-même (*), comme les racines antérieures, le facial, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun, etc. A la vérité, il s'adjoint des filets de sentiment, tantôt durant son trajet intra-vertébral (ce qui est peut-être plus rare qu'on ne le suppose), tantôt après ce trajet, ce qui est constant ; mais ces filets étaient aussi nécessaires à la sensibilité des muscles animés par la branche externe du spinal que les filets propres de celui-ci sont nécessaires à leur contraction.

II. Ch. Bell (3) est le premier physiologiste qui se soit sérieusement appliqué

(1) *Tractatus de connexu inter nervum vagum et accessorium Willisii.* Hanniæ, 1836.
(2) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. I, p. 31.

(*) On ne saurait lui contester un pareil rôle, parce que son *origine apparente* a lieu dans le voisinage des racines postérieures ; car, comme déjà nous en avons fait la remarque, toute l'épaisseur des colonnes antéro-latérales de la moelle étant consacrée au mouvement, évidemment les nerfs qui naissent tout auprès des racines postérieures peuvent être moteurs au même degré que ceux qui naissent à une grande distance de ces racines. L'*origine apparente* du masticateur, du pathétique, etc., n'a pas lieu sur les prolongements des faisceaux antérieurs de la moelle, et ils n'en sont pas moins des nerfs de mouvement.

(3) *Mém. sur les nerfs qui associent les muscles de la poitrine dans les actions de la respiration, de la parole et de l'expression* (inséré dans *Exposit. du syst. nat. des nerfs*, trad. de J. Genest, p. 108 et suiv.).

à déterminer les usages de la branche externe du spinal : suivant lui, ils se rapportent à l'accomplissement de certains actes annexés à la respiration, comme le cri, l'effort, la toux, l'éternument, etc. « Les nerfs intercostaux, dit-il, peuvent suffire à la respiration pour ce qui regarde l'office des poumons ; mais ils ne pourraient exécuter les fonctions *surajoutées* à l'appareil respiratoire.... Ils ne peuvent suffire, par exemple, pour dilater complétement la poitrine dans le cas où l'*action de la voix est animée*..... Il y a des muscles du tronc qui aident les muscles respiratoires ordinaires ; ce sont ceux qui sont les plus propres à élever la poitrine, et qu'on voit forcément influencés dans l'inspiration profonde, que l'action soit volontaire comme dans la parole, ou involontaire comme dans les derniers efforts de la vie.... Le sterno-mastoïdien élève ou hausse la poitrine, et son action est très évidente dans tous les états où la respiration est accélérée, surtout pendant le chant, la toux et l'éternument ; le trapèze, le grand dentelé et le diaphragme concourent au même but. »

Puis, dans le but de démontrer que les nerfs rachidiens ordinaires ont une influence bien distincte de celle de la branche externe du spinal, en particulier, Ch. Bell cite le fait suivant : Si l'on veut faire soulever les épaules à un homme dont un côté est complétement paralysé des mouvements volontaires, il ne peut élever, malgré tous ses efforts, que celle du côté sain ; tandis que le malade n'a qu'à faire une grande inspiration pour qu'immédiatement les deux épaules s'élèvent en même temps. « Puisque, dit ce physiologiste, les muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien reçoivent deux sortes de nerfs, dont les uns appartiennent aux *nerfs volontaires*, et les autres aux *nerfs respiratoires* (nerf spinal), ne sommes-nous pas autorisé à conclure que, lorsqu'on meut la tête, comme cet acte appartient strictement à la volonté, il est exécuté par l'influence du système régulier des nerfs volontaires ; que, quand la poitrine est élevée, c'est par un acte de la respiration résultant de l'influence des nerfs qui font agir les muscles respiratoires ? » Cette conclusion lui paraît confirmée par l'expérience suivante : « Si, chez un âne, on met à découvert le *nerf respiratoire supérieur* (branche externe du spinal), et que l'on fasse ensuite accélérer la respiration de manière à faire entrer dans une action violente les muscles sterno-mastoïdien et trapèze, en même temps que les autres muscles de la respiration, et si, dans ce moment, on fait la section du nerf, le mouvement respiratoire des premiers muscles cesse, et ceux-ci restent dans le relâchement jusqu'à ce que l'animal les mette en mouvement comme muscles volontaires. »

Les résultats de cette expérience sont contredits par ceux que Th. Bischoff (1), Cl. Bernard (2) et moi-même avons obtenus ; car, après la section des deux nerfs spinaux vers l'espace occipito-atloïdien, la contraction des sterno-mastoïdiens était encore assez manifeste toutes les fois qu'on gênait la respiration en comprimant modérément les narines ou la trachée. Mais mes observations diffèrent de celles de ce dernier expérimentateur en ce que, malgré la destruction complète de *tous les filets inférieurs des deux spinaux*, j'ai encore vu les sterno-mastoïdiens, mis à découvert, se contracter d'une manière assez sensible quand les animaux poussaient des cris (*) :

(1) *Nervi accessorii Willisii anat. et physiol.* Heidelberg, 1832.
(2) *Mém. cit.*

(*) On se rappelle que le *spinal* préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*), qui seule mérite le nom de nerf vocal : aussi sa portion cervicale (*branche externe*) étant détruite, les animaux peuvent-ils encore proférer des cris (voy. plus haut, p. 506).

je ne saurais donc admettre sa théorie des fonctions du spinal (qu'il propose d'appeler *nerf antagoniste de la respiration*), pas plus pour la *branche externe* que je ne l'ai admise pour la *branche interne*. (Voyez plus haut, p. 506-511.)

Dans la théorie de Cl. Bernard, en partie basée sur un des principes du système de Ch. Bell, les agents actifs de la respiration (muscles du larynx, muscles du thorax) reçoivent deux ordres d'influence nerveuse motrice. Dans l'état de *respiration simple*, l'influence du spinal sur eux est nulle, et c'est le *pneumogastrique* qui est supposé présider alors à l'action des muscles laryngiens en particulier; le *nerf spinal* n'excite des mouvements qu'en vue des actes de la vie extérieure, et c'est lui qui préside à tous les changements qui surviennent dans la motilité du thorax et du larynx lors *de la respiration complexe*, tels que l'effort ou la voix. Ce nerf, au lieu de favoriser la respiration, est considéré comme propre à *arrêter* ou à modifier cette fonction, lorsque le larynx et le thorax doivent produire l'effort, la phonation, etc.; aussi le sterno-mastoïdien est-il réputé être entièrement paralysé, *pour ces actes volontaires*, après la destruction du spinal.

Or, il n'en a pas été ainsi dans mes expériences : seulement l'énergie de contraction des muscles sterno-mastoïdien et trapèze a paru être sensiblement diminuée aussitôt après l'opération, ce qui devait nécessairement résulter de la suppression subite d'une grande partie du principe nerveux animant ces muscles. Et comme *la première condition de tout effort* un peu intense *est une profonde inspiration*, si, après la destruction du spinal, l'effort n'est plus possible, ce n'est point (comme on le suppose dans la théorie que nous examinons) parce que les sterno-mastoïdien et trapèze paralysés pour cet acte volontaire ne peuvent plus *arrêter la respiration*, mais parce que, suivant nous, leur manque de concours suffisant empêche toute profonde inspiration ou ampliation thoracique sans laquelle le thorax ne saurait plus servir de point fixe dans l'effort. Essayez, en effet, de produire un effort violent aussitôt après une expiration ou même après une inspiration faible, et vous constaterez sur vous-même l'impossibilité d'accomplir un pareil acte avec toute l'énergie qu'il réclame. — Ainsi, en d'autres termes, sans qu'il soit besoin d'avoir recours à la suppression d'une *influence motrice spéciale* sur les muscles animés par la branche externe du spinal, nous croyons simplement que la section de cette branche détermine un affaiblissement ou une demi-paralysie de ces muscles, qui, tout en leur permettant d'agir encore dans la respiration ordinaire, les rend incapables de s'associer synergiquement aux autres muscles qui se contractent avec vigueur dans le cri ou dans l'effort.

En étudiant les usages du nerf pneumogastrique, j'ai eu occasion de démontrer que les moyens d'innervation propres à entretenir une fonction se multiplient en raison de son importance physiologique, et que la fonction respiratrice étant des plus essentielles à la conservation de la vie, des artifices de toutes sortes étaient nécessaires pour en assurer l'intégrité, et multiplier la distribution des fibres nerveuses dans les organes chargés de son accomplissement. Dans mon opinion, les nerfs importants (au nombre desquels figure le spinal) que Ch. Bell nomme *nerfs respiratoires additionnels* ou *auxiliaires* représentent un de ces nombreux artifices; seulement je ne crois pas ces nerfs appelés, comme le veut le physiologiste anglais, à transmettre une influence motrice *spéciale* et autre que celle des nerfs rachidiens ordinaires qui agissent dans la respiration, mais bien à seconder ces derniers et même à les suppléer dans certaines limites. Je suis loin de regarder aussi comme un fait démontré que la branche externe du spinal soit étrangère aux mou-

vements volontaires de la tête, et que la contraction des muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, propre à produire ces sortes de mouvements, soit sous la dépendance exclusive des rameaux du plexus cervical. Considérant la force nerveuse comme identique dans tous les nerfs moteurs, je crois qu'elle peut se répartir dans les muscles, indistinctement à l'aide de toutes les ramifications des nerfs moteurs qui s'y rendent. Parce que tel muscle se contractera successivement, tantôt avec un groupe musculaire pour accomplir un mouvement déterminé, tantôt avec un autre pour produire un mouvement différent, ce n'est pas une raison pour nécessiter *deux ordres d'influence nerveuse motrice*, quoique d'ailleurs deux nerfs ou un plus grand nombre puissent se rencontrer dans ce muscle : le concours de ces derniers ne me paraît avoir d'autre but que de mieux assurer l'exécution des divers mouvements auxquels un pareil muscle participe. Tout dépend ici de la première impulsion partie du centre nerveux de volition et de coordination des mouvements : celui-ci commande tel ou tel mouvement, et aussitôt se contractent ensemble tous les agents musculaires chargés de l'exécuter. Du reste, que les muscles concourant à un même but soient animés par le même tronc nerveux ou bien par des nerfs multiples à origines fort distantes, la coordination motrice ne sera pas moins précise dans un cas que dans l'autre.

III. Après l'excision de la branche externe du nerf spinal, quand on force les animaux à courir ou à faire un effort quelconque, on remarque qu'ils sont vite essoufflés. La dilatation et l'élévation de la poitrine, si importantes dans ces cas, n'étant plus guère influencées que par les muscles inspirateurs ordinaires, ont lieu incomplétement par suite de la semi-paralysie des muscles sterno-cléido-mastoïdiens et trapèzes; aussi les animaux font-ils des inspirations répétées, mais vaines, dans le but de dilater suffisamment leur poitrine, dilatation préalable sans laquelle tout effort est absolument impossible.

Enfin, après la destruction de la branche externe du spinal, on observe également une irrégularité dans la démarche de certains animaux (du cheval notam-

refusent la sensibilité au grand sympathique, et Dupuy (d'Alfort) (1) dit avoir enlevé les ganglions cervicaux sur le cheval sans exciter de douleur. Au contraire, Haller (2), en parlant d'un chien auquel il avait irrité le plexus hépatique, s'énonce ainsi : « *Visum est animal doluisse.* » Flourens (3) affirme qu'ayant pincé le ganglion semi-lunaire chez plusieurs lapins, les signes de douleur ont été manifestes. Brachet (4), en irritant à plusieurs reprises les ganglions thoraciques, a obtenu les mêmes résultats, surtout quand il agissait sur leurs filets de communication avec les nerfs spinaux. Mayer (5) a aussi constaté que les animaux sur lesquels il coupait le ganglion cervical supérieur, ou irritait le plexus solaire, souffraient indubitablement. « Non-seulement, dit J. Müller (6), j'ai vu plusieurs fois l'irritation mécanique ou chimique du ganglion cœliaque déterminer de la douleur chez les lapins, mais encore j'ai remarqué, dans les expériences auxquelles je me suis livré, conjointement avec Peipers, sur la ligature des nerfs rénaux, que cette opération était fort douloureuse. »

Au milieu de ces assertions contradictoires, j'ai voulu, par mes propres expériences, me former une opinion. Sur plusieurs chiens, j'ai irrité les ganglions semi-lunaires en ayant soin d'éviter la lésion des pneumogastriques ou le tiraillement des nerfs spinaux, par l'intermédiaire des nerfs splanchniques. Ces animaux ont donné des signes non équivoques de douleur, qui toutefois ne se sont point manifestés d'une manière aussi vive et aussi rapide qu'à la suite de l'excitation d'un nerf sensible de la vie animale. Il m'a paru important de ne pas opérer immédiatement après l'éventration de l'animal et après le déplacement des viscères; sinon les vives souffrances qui résultent de cette manœuvre, en masquant celles qu'occasionne l'excitation du grand sympathique, peuvent amener beaucoup d'incertitude dans les résultats. Sur d'autres chiens, ce n'est qu'après une irritation prolongée des ganglions cervicaux et lombaires que j'ai réussi à faire naître des manifestations de sensibilité, d'ailleurs moins prononcées que dans mes expériences sur les ganglions semi-lunaires. Ceux-ci me semblent donc susceptibles de transmettre à l'animal les impressions qu'ils subissent, plus tôt et plus vivement que certaines autres dépendances du grand sympathique. Les grands nerfs splanchniques m'ont toujours paru jouir d'une sensibilité fort appréciable, au moins sur les chiens.

Les sensations douloureuses que font éprouver, dans les maladies, les organes auxquels le grand sympathique se distribue, établissent suffisamment sa faculté de transmettre les impressions sensitives, et viennent confirmer les résultats de l'expérimentation : l'injection d'un lavement salin occasionne des coliques ; certaines tumeurs du mésentère, certains ulcères du rein font beaucoup souffrir les sujets qui en sont affectés, etc. Si l'on voulait regarder, avec Reil (7), les ganglions comme des demi-conducteurs qui arrêtent ordinairement la propagation des impressions faibles et ne laissent passer que celles qui ont beaucoup d'intensité, on s'expliquerait, d'une part, comment dans l'état de santé nous pouvons n'avoir point conscience d'impressions faites à des viscères qui, au contraire, deviennent

(1) *Observ. et expér. sur l'enlèvement des ganglions cervicaux des nerfs trisplanchniques sur des chevaux* (*Journal de* CORVISART, 1816, t. XXXVII, p. 340).
(2) *De partib. corpor. hum. sent. et irritab.* (*Opera minora*, t. I, p. 357).
(3) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit. Paris, 1842, p. 229.
(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 2e édit. Paris, 1837, p. 357.
(5) *Acta natur. curios.*, t. XVI, p. 11.
(6) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 119.
(7) *Ueber die Eigenschaften des Ganglien-Systems und sein Verhältniss zum Cerebral-System* (REIL'S *Arch.*, t. VIII, p. 189).

douloureux dans l'état de maladie, et comment, d'autre part, des ganglions qui d'abord paraissaient insensibles deviennent sensibles à la suite d'une excitation directe et suffisamment prolongée (*). C'est, comme je l'ai dit, en agissant sur les ganglions cervicaux et lombaires que j'ai pu constater ce phénomène qui aurait été vu par Brachet (1) sur les ganglions thoraciques: mes essais sur ces derniers ont été constamment infructueux, à cause de l'état d'anxiété et d'angoisse déterminé, chez les animaux, par l'affaissement du poumon qui suit l'ouverture d'un côté du thorax.

II. *Motricité du grand sympathique.* — La constitution anatomique du grand sympathique, et surtout les expériences, révèlent en lui ce genre d'influence. On n'ignore pas qu'il renferme des filets *sensitifs* et des filets *moteurs* émanés des deux ordres de nerfs crâniens (**) ou de racines spinales; qu'il constitue, par conséquent, un organe nerveux mixte. Or, tout nerf mixte ou simplement moteur, excité directement par les irritants chimiques, mécaniques ou galvanique, provoque des contractions de l'organe musculaire auquel il se distribue : prouvons qu'en effet l'application immédiate de ces agents au grand sympathique peut donner lieu à pareil résultat. On sait qu'aussitôt que l'air atmosphérique frappe l'intestin d'un animal, les mouvements de cet organe deviennent très actifs, qu'ils conservent cette activité pendant quelque temps, et qu'ensuite ils diminuent peu à peu, jusqu'à ce qu'ils soient devenus très faibles : si l'on attend ce moment, et qu'on touche les ganglions solaires avec un morceau de potasse caustique, au bout de quelques secondes les mouvements péristaltiques du canal intestinal reprennent toute leur vivacité. J'ai souvent, dans mes leçons, répété sur des chiens cette expérience, faite d'abord par J. Müller (2) sur des lapins. Les ganglions sympathiques, quand ils sont irrités chimiquement, peuvent donc mettre en jeu l'influx nerveux moteur dans les rameaux qui se distribuent à des parties contractiles.

J'ai galvanisé, plusieurs fois sans succès, les grands nerfs splanchniques chez des chiens ; au contraire, d'autres fois j'ai réveillé avec beaucoup de force les mouvements du canal intestinal. Ce dernier résultat a été obtenu quand l'intestin renfermait des matières alimentaires: celui-ci était-il vide, le plus souvent la stimulation électrique demeurait sans aucun effet. On se rappelle que j'ai déjà signalé de pareilles différences à propos de l'influence de la huitième paire sur les mouvements de l'estomac. — Quant aux recherches plus récentes de Pflüger, nous avons dit (page 249) comment il convient de les interpréter.

Les expériences de Fowler (3), Ludwig (4), Webster (5), Creve (6), et principalement celles d'Alex. de Humboldt (7), de Burdach (8), et les nôtres, démon-

(*) Piégu (*Thèse inaug.*, Paris, 10 juin 1846) propose d'expliquer la sensibilité obtuse du grand sympathique, à l'état normal, par la faiblesse numérique de ses fibres sensitives, et l'exaltation de cette faculté, dans l'état morbide, par une congestion névrilématique de laquelle résulte leur compression ou leur étranglement. — Du reste, Piégu partage le sentiment de ceux qui regardent la *moelle* comme la *source commune* de toutes les fibres constituant le grand sympathique,

(1) *Loc. cit.*

(**) Les nerfs de sensations spéciales sont exceptés.

(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 122.
(3) *Experim. on Anim. Electricit.*, 1794.
(4) *Script. neurol. min. select.*, t. IV, p. 408, expér. 3.
(5) *Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben*, 1796, p. 4.
(6) *Metallreiz*, etc., p. 96.
(7) *Expériences sur le galvan. et sur l'irrit. des fibres musc. et nerv.* Paris, 1799, p. 312 trad. de Jadelot.
(8) *Traité de physiol.* Paris, 1837, t. VII, p. 74, trad. de Jourdan.

trent aussi que les pulsations du cœur peuvent être ranimées ou *accélérées* par le galvanisme appliqué aux rameaux cardiaques du grand sympathique.

Les recherches, faites depuis, par Budge, Ed. et E. H. Weber, Mayer, etc., ont donné les mêmes résultats, et de plus elles ont appris que la même excitation, dirigée sur les nerfs pneumogastriques, *suspend* au contraire les battements du cœur.

Toutes ces preuves directes suffisent pour rendre incontestable l'influence motrice du grand sympathique sur les muscles de la vie végétative, et pour mettre en évidence l'erreur de Volta, reproduite par d'illustres physiologistes, erreur consistant à croire que les nerfs des organes contractiles, placés en dehors du domaine de la volonté, sont insensibles à l'action galvanique.

Plus loin, en nous occupant de l'influence du grand sympathique sur les mouvements de l'iris, sur la contractilité des vaisseaux sanguins, etc., nous aurons occasion de signaler encore d'autres preuves de la *motricité* de ce nerf si important.

III. *Sources d'activité du grand sympathique.* — A l'exemple de Winslow (1), Bichat (2), et beaucoup d'autres auteurs, crurent devoir regarder le grand sympathique comme indépendant du système nerveux de la vie de relation, et les renflements ganglionnaires comme des espèces de petits cerveaux capables de développer la force nerveuse et de la communiquer aux viscères *sans le concours de l'axe cérébro-spinal.* Aujourd'hui, au contraire, avec Scarpa (3), Legallois (4), etc., la plupart des physiologistes regardent ce concours comme indispensable, et voient dans le grand sympathique un appareil nerveux qui, à l'aide d'innombrables racines, tire presque toute son influence de l'axe cérébro-spinal.

S'il était possible d'intercepter les innombrables communications qui existent entre le système nerveux de la vie de relation et le grand sympathique, d'examiner ensuite les changements qu'une pareille opération entraînerait dans l'exercice fonctionnel de ce dernier, nul doute qu'on arriverait ainsi à déterminer s'il possède exclusivement en lui-même le principe de son activité, s'il jouit d'une indépendance absolue dans ses actes, ou bien à apprécier la somme d'activité qu'il emprunte à l'axe cérébro-rachidien. Il suffit de réfléchir un instant à la disposition du grand sympathique pour reconnaître que les mutilations nécessitées par une expérience aussi laborieuse ne sauraient être compatibles avec la vie. Mais, nous pouvons néanmoins établir, à l'aide d'arguments suffisamment solides, que le grand sympathique, isolé et dépourvu de toute influence étrangère, ne remplirait plus intégralement ses importantes fonctions.

On sait, par exemple, que le ganglion ophthalmique communique avec un nerf moteur qui est le moteur oculaire commun, et avec un nerf sensitif qui est la branche ophthalmique du trijumeau : or, si le nerf moteur oculaire commun est coupé ou atteint de paralysie, l'iris demeure immobile ; si la branche ophthalmique est lésée (*), ou si elle a été divisée avec le tronc du trijumeau, dans le crâne, la nutrition et les sécrétions du globe oculaire sont altérées, et cet organe

(1) *Exposit. anatom. Traité des nerfs*, § CCCLXIV.
(2) *Anatom. génér.* Paris, 1812, t. I, p. 213.
(3) *Anatom. annot. de gangliis et plexubus nervorum.* Modène, 1779.
(4) *Œuvres* de LEGALLOIS, t. I, p. 144 ; édit. de 1830, avec des notes de Pariset.

(*) Dans cette division du trijumeau, ainsi que dans les branches maxillaires inférieure et supérieure, les physiologistes admettent aujourd'hui, outre les fibres sensitives, d'autres fibres dites *vaso-motrices* qui influencent les actes nutritifs et sécrétoires par l'entremise des vaisseaux sanguins.

finit par se perdre à jamais. Pourtant le ganglion ophthalmique subsiste; petit cerveau fonctionnant isolément et par lui-même, comme le dit Bichat, présidant par lui seul au travail nutritif et sécrétoire de l'œil, aux mouvements involontaires de l'iris, pourquoi donc ne fonctionne-t-il plus? Parce que ses connexions avec l'axe cérébro-spinal sont détruites, et que ces connexions lui fournissaient une influence qu'il ne possède pas en lui-même, au moins à un degré suffisant, etc.

Les observations pathologiques, qui prouvent l'intervention évidente de la moelle dans les fonctions du grand sympathique ne font pas défaut dans la science. En étudiant le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), on rencontre un grand nombre de cas dans lesquels ont été modifiés, d'une manière fâcheuse, soit les battements du cœur, soit les mouvements de la portion moyenne du canal intestinal, c'est-à-dire de celle qui reçoit ses nerfs exclusivement du grand sympathique. Bellingeri (1) a remarqué, chez le mouton, que l'inflammation de la moelle épinière est souvent suivie de l'inflammation des reins, que l'urine devient trouble et semblable au sérum du lait coagulé: ces organes, comme chacun sait, ne possèdent encore que des filets du système nerveux ganglionnaire. On a aussi observé des exemples analogues sur l'homme (2). Brodie (3), Home (4) et Hunkel (5) ont reconnu que l'urine devient alcaline dans les lésions traumatiques ou autres du cordon rachidien (*), et Krimer (6) a observé, chez des animaux, la suppression de la sécrétion urinaire, à la suite des lésions de la moelle, etc.

Tous ces faits sont loin d'être favorables à l'opinion dans laquelle chaque ganglion sympathique est regardé comme un petit centre qui agirait *indépendamment* de toute relation avec l'axe cérébro-spinal. Néanmoins je ne crois pas qu'on puisse absolument refuser aux renflements ganglionnaires, si riches en substance grise et en vaisseaux, une certaine coopération comme centres d'innervation; car l'exemple des fœtus amyélencéphales prouverait le contraire (**). Seulement, on est bien forcé d'admettre que, chez l'adulte, leur action propre est insuffisante à l'exercice des fonctions du grand sympathique.

qui soit apte, à cause de ses caractères anatomiques et de ses propriétés, à représenter un véritable centre d'action.

Divers expérimentateurs admettent que le principe ou la source d'action du grand sympathique peut remonter plus haut encore que la moelle, attendu qu'ils auraient vu l'excitation directe de la moelle allongée (bulbe), de la protubérance annulaire, et même des couches optiques et des corps striés, provoquer des contractions dans des organes qui ne reçoivent pas leur influx nerveux d'autres nerfs que du grand sympathique.

IV. *Le grand sympathique et le système nerveux céphalo-rachidien s'influencent réciproquement.* — Il résulte déjà des faits précédents que, sous le rapport physiologique, le grand sympathique et le système nerveux céphalo-rachidien offrent une connexion des plus intimes. Je rapporterai néanmoins d'autres exemples à l'appui de cette vérité.

Quand ces appareils nerveux se contre-balancent tellement que l'un d'eux n'empiète pas sur le domaine de l'autre, il en résulte une harmonie d'action qui caractérise l'état de santé; mais lorsque cet équilibre est rompu, alors on voit éclater des désordres fonctionnels ou des maladies plus ou moins graves.

Tout changement brusque survenu dans les organes centraux du système nerveux de la vie de relation peut réagir sur le grand sympathique : l'ictère, la diarrhée, un flux d'urine claire et limpide se manifestent chez certains sujets au moment même où ils sont vivement impressionnés ; les idées érotiques activent la sécrétion du sperme, etc. La stimulation électrique de la moelle épinière réveille les contractions intestinales. Wilson Philipp (1) a vu l'application de l'alcool à la moelle ou au cerveau produire une accélération dans les mouvements du cœur (*), que la frayeur, par exemple, fait battre aussi avec plus de violence. Quoiqu'il paraisse difficile de ne pas admettre que c'est en partie par les filets cardiaques du nerf vague que l'encéphale modifie les contractions du cœur dans le cas d'affection morale, je ne puis refuser, dans pareil cas, la même influence aux filets cardiaques du grand sympathique, puisque, après la section de la paire vague, des chiens, vivement émus par la détonation d'une arme à feu, m'ont offert aussitôt une accélération momentanée des battements du cœur. Stanley (2) a rassemblé un assez grand nombre d'observations qui prouvent les relations fonctionnelles qui existent entre le plexus rénal, dépendance du grand sympathique, et la moelle épinière. Ces observations, qui démontrent si bien que les lésions de la moelle troublent la sécrétion urinaire, sont confirmées par d'autres auxquelles j'ai déjà fait allusion (page 387). Ségalas (3), en agissant avec un stylet sur la moelle épinière d'animaux décapités, a vu l'éjaculation survenir par suite de la réaction de l'appareil excréteur du sperme ; et pourtant les vésicules séminales paraissent emprunter leurs filets nerveux exclusivement au grand sympathique.

Dans les ramollissements anciens de la moelle, les organes intérieurs animés

(1) *Biblioth. univ. Genève*, t. X, p. 182 ; — et *An experim. Inquiry into the Laws of the Vit. Funct.*, etc., chap. II, p. 80 ; chap. XI, p. 243.

(*) Ces expériences avec l'alcool m'ont souvent réussi *sur des animaux décapités.*

(2) *Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs* (*Arch. génér. de méd.*, t. V, p. 95, 2e série, mai 1834).

(3) *Note sur quelques points de physiologie* (*Journ. de physiol.* de MAGENDIE, 1824, t. IV, p. 293).

par le grand sympathique sont quelquefois atrophiés d'une manière sensible. La digestion devient extrêmement lente; la température des viscères s'abaisse par la désorganisation partielle du cerveau, s'abaisse encore davantage quand on y joint celle de la moelle elle-même sur les animaux vivants (1).

Les impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation peuvent, en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la huitième paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques; l'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire (*); la contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis, etc. — Réciproquement, les impressions vives émanées des organes auxquels se distribue le grand sympathique peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de parties animées par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près les premières douleurs de l'accouchement (**); que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, en tant que celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc. J. Müller (2), en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions.

Ces exemples, qu'il serait facile de multiplier, concourent donc à démontrer, suivant nous, combien l'école de Bichat s'éloignait de la vérité, en voulant isoler complétement, sous le rapport fonctionnel, le grand sympathique du reste du système nerveux. Il est évident, au contraire, que tout ce qui précède tend à rapprocher de plus en plus ce nerf des nerfs cérébro-rachidiens.

Prochaska (1) dit que le cœur ne peut se contracter qu'autant que l'impression du sang sur ses cavités est transmise aux *ganglions* par les nerfs du sentiment, et *réfléchie* de là sur ses fibres musculaires par les nerfs du mouvement.

Plus tard, Grainger (2) n'hésite point à résoudre la question par l'affirmative, comme l'avait fait, une année auparavant, Clark (3) qui prétend que « les ganglions font l'office d'axes ou de centres par rapport à leurs derniers filaments, et qu'ils constituent des moyens de réflexion de ces filaments sur la fibre contractile. »

Grainger admet pour chaque ganglion un *système excito-moteur*, c'est-à-dire des fibres qui, distinctes des fibres primitives cérébro-spinales, seraient propres au ganglion et en rapport avec son *pouvoir réflexe*. Mais il faut bien reconnaître que l'existence de cet ordre particulier de filets n'est rien moins que démontrée aux yeux des anatomistes. Il ne s'agit donc là que d'une vue tout hypothétique.

Aucune preuve expérimentale n'est d'ailleurs venue confirmer l'opinion de Prochaska sur la réalité du pouvoir réflexe dans les ganglions sympathiques, en l'absence de l'axe cérébro spinal. Au contraire, Volkmann (4), qui refuse à ceux-ci le pouvoir de déterminer des phénomènes de réflexion, cite des expériences qu'il a faites sur des grenouilles décapitées qui étaient dans la disposition aux mouvements réflectifs. Lorsque, d'après lui, la moelle épinière existait encore, le pincement des intestins provoquait des *contractions étendues*, tandis que, quand la moelle était détruite, la réaction demeurait limitée au lieu de l'irritation et était toute *locale*.

J'ai pu aussi, sur de très jeunes mammifères décapités, déterminer par le pincement du canal intestinal des mouvements qui n'étaient point bornés au lieu d'irritation, mais qui se propageaient soit en haut, soit en bas, et à une distance plus ou moins grande du point irrité; tandis qu'après la destruction de la moelle épinière, le pincement ne déterminait plus qu'une dépression bornée au point même sur lequel j'agissais, sans même se propager en anneau autour du tube intestinal. J'ai renouvelé ces observations en déposant un petit morceau de potasse sur la surface muqueuse de l'intestin (*).

Pour saisir la signification de ces résultats, pour comprendre en quoi ils sont opposés à la doctrine du pouvoir réflexe ganglionnaire, on doit se rappeler que, après l'ablation de l'encéphale, la moelle demeurant intacte, il suffit de l'attouchement d'un seul point des téguments pour donner lieu, par exemple, au mouvement général d'un membre; et qu'au contraire, la moelle étant détruite à son tour, l'irritation même directe d'un muscle ne fait plus contracter, pour ainsi dire, que le point excité. Or, ce sont de pareilles différences que nous venons de signaler; et si, sur un animal vivant, après avoir détaché le canal intestinal avec le mésentère et le plexus ganglionnaire, ou même seulement avoir détruit la moelle,

(1) *Opera minora*, t. II, p. 169.
(2) *Observ. on the Struct. and Funct. of the Spinal Cord*. London, 1837.
(3) *The Practical Anat. and Element Physiol. of the Nervous Syst.* London, 1836, p. 111.
(4) *Mém. cit.*

(*) BIDDER (MÜLLER'S *Arch.*, 1844, p. 359 et suiv.) affirme, d'après ses expériences, que les mouvements de l'intestin pouvant régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal, on ne doit chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions sympathiques; mais ce physiologiste oublie évidemment que, dans toutes ses expériences, le *bulbe rachidien* est demeuré intact: sa conclusion est donc loin d'être rigoureuse.

l'irritation ne produit plus qu'un resserrement tout local, au lieu d'une contraction étendue à une grande longueur de l'intestin, comme avant l'opération, il faut donc bien reconnaître que le conflit entre les fibres sensitives et motrices, duquel résultent les phénomènes appelés réflexes, ne peut se produire sans l'entremise de la moelle épinière, pas plus dans les fibres du grand sympathique que dans celles des nerfs céphalo-rachidiens.

Toutefois j'ajouterai une remarque : Des précédentes observations, il résulte seulement que le pouvoir réflexe ne saurait se manifester dans les ganglions sympathiques après la suppression du concours de l'axe cérébro-spinal; mais il n'en résulte pas nécessairement que, à l'état normal et avec l'intégrité des centres nerveux, aucun phénomène de réflexion sensitivo-motrice ne s'accomplisse dans les renflements ganglionnaires. Il se peut, au contraire, que ces renflements soient alors le siége d'un conflit entre leurs fibres sensitives et leurs fibres motrices, qu'ils constituent des centres nombreux de réflexion, directement subordonnés à un centre commun d'action dont l'anéantissement enrayerait à l'instant même le jeu de tous les autres; comme on voit, dans une machine, l'arrêt du rouage principal produire l'immobilité soudaine des rouages secondaires. Mais je n'ai aucun moyen direct de vérifier mon hypothèse.

VI. *Des usages attribués aux ganglions du grand sympathique.* — Willis (1) considère les ganglions comme des *diverticules des esprits*, et le grand sympathique, en général, comme destiné à établir une sorte de consensus entre les organes dont le jeu est involontaire. Vieussens (2) place dans les ganglions, qu'il nomme *plexus ganglifórmes*, un principe fermentescible qui préside à la contraction de la fibre musculaire; et Lancisi (3), les comparant au cœur, en fait des centres d'impulsion qui aident au mouvement du fluide nerveux.

D'après Winslow (4), on doit les regarder « comme autant d'origines ou de germes dispersés de la grande paire de nerfs sympathiques, et, par conséquent, comme autant de petits cerveaux. »

ganglions, en arrêtant les impressions éprouvées par les organes intérieurs, et en les empêchant d'arriver au cerveau, font que ces impressions ne sont pas perçues; et de même, en arrêtant les volitions cérébrales, et les empêchant d'arriver jusqu'aux organes intérieurs, ils rendent le jeu de ceux-ci indépendant de la volonté. Si le grand sympathique, d'après le même auteur, est parsemé de nombreux ganglions, s'il offre ainsi une texture différente de celle des autres nerfs, c'est qu'il devait être apte à produire et à communiquer la force nerveuse, ainsi qu'à prévenir la transmission des impressions et des volitions cérébrales.

Bichat (1), Reil (2), Wutzer (3), et beaucoup d'autres encore, fécondèrent l'opinion de Winslow et de Johnston. Selon Reil, les plexus et les rameaux du grand sympathique transmettraient des sensations et des volitions s'ils étaient des conducteurs parfaits; mais on peut les regarder comme des semi-conducteurs, et les ganglions comme des corps isolants. Il résulte de là, pour Reil, deux systèmes nerveux et deux sphères d'activité nerveuse : 1° la sphère animale, où les impressions sont senties, où la volition détermine les mouvements; 2° la sphère végétative, où l'activité nerveuse est départie lentement, continuellement, obscurément. Dans ce dernier système, les impressions, sans être propagées au *centre animal*, déterminent des mouvements. Toutefois, dans l'état morbide, les cordons et les plexus communicants deviennent conducteurs, les ganglions cessent d'être isolants, les impressions sont perçues, et les mouvements sont influencés par le centre animal.

Toutes ces hypothèses peuvent, en définitive, se rapporter à deux seulement: avec Meckel, Zinn et Scarpa, les uns ne voient dans les ganglions qu'un arrangement particulier, une simple disposition anatomique de filets nerveux; tandis que les autres, avec Winslow, Johnston et Bichat, considèrent les ganglions comme des points d'origine et des organes multiplicateurs de l'action nerveuse.

On a regardé le système des ganglions comme un système séparé ou réuni, indépendant ou dépendant, selon diverses circonstances que nous avons déjà en partie examinées. Ainsi, chez les fœtus amyélencéphales qui se sont développés malgré l'absence de l'axe cérébro-spinal, on est porté à admettre, dans les renflements ganglionnaires, une action nerveuse indépendante. Toutefois il importe de rappeler que, d'après la remarque de Breschet et de Lallemand (de Montpellier), les ganglions sympathiques offrent, chez ces monstres, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux; ce qui semble devoir augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables, dans ce cas particulier, de suppléer l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal. De semblables faits ne sauraient donc détruire ceux qui démontrent que, sans le concours de ce dernier appareil, les fonctions du grand sympathique ne peuvent s'accomplir intégralement chez l'individu normal. On a encore supposé que c'est l'incitation nerveuse, *née spontanément dans les ganglions sympathiques*, qui entretient pendant un temps quelquefois fort long la circulation dans l'abdomen, dans la poitrine, ainsi que certains mouvements péristaltiques qui survivent chez l'animal à l'ablation du cerveau et de la moelle épinière; que c'est la même incitation ganglionnaire qui préside encore pendant quelque temps, sur les personnes qui

(1) *Anatom. génér.* Paris, 1812, t. I, p. 213 et suiv.
(2) *Arch. für die Physiologie*, Band VII, p. 189.
(3) *De corporis hum. gangl. fabr. atque usu monographia.* Berlin, 1817.

ont eu la moelle épinière écrasée ou contuse, à l'exercice de la contractilité musculaire des organes intérieurs, etc. Mais il importe de rappeler, comme je l'ai souvent constaté dans le cours de mes vivisections, que les viscères qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique sont bien loin d'être paralysés immédiatement, même par la section de ces filets; qu'au contraire, leur action persiste au point d'étonner l'expérimentateur qui ignorerait que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans le grand sympathique que dans les nerfs cérébro-spinaux, il s'y tient aussi en réserve beaucoup plus longtemps, *même dans les filets ne communiquant plus avec aucun ganglion.* On est donc bien autorisé à soutenir qu'après des lésions comme les précédentes, les nerfs sympathiques n'ont fait que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de la moelle épinière, centre principal, sinon exclusif, de sa production. Dès lors quelle valeur peuvent avoir toutes ces expériences, et elles sont nombreuses, dans lesquelles, après de *simples sections de la moelle*, ayant vu persister les fonctions d'organes recevant des rameaux du grand sympathique, on s'est empressé de rapporter cette persistance fonctionnelle à la seule intervention de ces rameaux, et non au *pouvoir propre* de la portion de moelle conservée?

Quant à l'hypothèse dans laquelle les ganglions agiraient comme isolateurs, soit en arrêtant l'influence motrice qui part du cerveau ou de la moelle épinière, soit en empêchant les impressions viscérales de parvenir au moins au premier de ces organes, nous avons rapporté assez d'exemples propres à la faire rejeter. Si ces sortes d'impressions ne sont point *ordinairement* transmises à la conscience, et si la volonté n'a point d'empire sur les mouvements auxquels préside le grand sympathique, nous croyons qu'il faut rapporter la cause de ces singularités, non pas aux ganglions, mais à ce que, d'une part, ces impressions s'évanouissent dans la moelle elle-même, et à ce que, de l'autre, les fibres originelles du grand sympathique n'ont point de relation, comme celles des autres nerfs, avec la source de l'influence volontaire.

VII. *Comment les mouvements auxquels préside le grand sympathique sont involontaires. — Particularités relatives à ces mouvements.* — Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent démontre la dépendance physiologique dans laquelle se trouve le système nerveux ganglionnaire notamment à l'égard de la moelle. On se rappelle aussi qu'il communique à la fois avec les nerfs moteurs et avec les nerfs sensitifs de la vie de relation, et que Mayer affirme même avoir pu suivre, à travers les deux ordres de racines spinales, jusqu'à la moelle épinière, les fibres originelles du grand sympathique. Or, quand on étudie avec grand soin les racines spinales à leur origine, on peut reconnaître, comme l'admettent plusieurs habiles anatomistes, que, parmi les filets radiculaires antérieurs ou postérieurs, les uns se continuent avec les fibres blanches de la moelle, tandis que les autres plongent dans sa *substance grise.* N'y aurait-il pas lieu de voir, dans *une partie* de ces derniers, les fibres originelles du grand sympathique qui puiseraient dans l'axe gris du cordon rachidien le principe de leur action? Dès lors il deviendrait facile de comprendre la liaison intime du grand sympathique et de la moelle, d'expliquer comment les mouvements influencés par lui sont involontaires, et comment les incitations centripètes qu'il transmet se dispersent ordinairement dans la substance grise de la moelle pour y activer la production de la force nerveuse, sans

que la volonté ait à intervenir dans aucun de ces actes. Ajoutons que le pouvoir de cette substance grise de conduire spécialement les *impressions douloureuses* (voy. p. 370) expliquerait aussi comment ces sortes d'impressions peuvent, dans certains états morbides des organes animés par le grand sympathique, être transmises jusqu'à l'encéphale, au lieu de s'évanouir dans la moelle comme à l'état physiologique.

Appliquons cette théorie à un ganglion abdominal, par exemple, qui, comme tous les autres, est traversé par des fibres sensitives et des fibres motrices émanées de la substance grise de la moelle. Une impression est faite à la surface muqueuse de l'intestin grêle, et chemine, en passant à travers le renflement ganglionnaire, le long des filets sensitifs jusqu'à la substance grise indiquée : celle-ci fournit, en retour de sa stimulation, de la force nerveuse qui, probablement augmentée par celle du ganglion lui-même, est transmise par les filets moteurs à la fibre musculaire de l'intestin qui réagit et se contracte. Il est évident qu'ici rien n'est parvenu aux lobes cérébraux, aux organes de perception et de volition. Mais l'impression est-elle très vive, l'axe gris de la moelle surexcité communique sa surexcitation à d'autres éléments conducteurs, et la douleur venue de l'intestin peut être perçue par l'encéphale.

A. Les mouvements involontaires soumis au grand sympathique peuvent s'accomplir quelque temps avec régularité dans des parties complétement séparées de l'organisme. Le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, bat encore pendant assez longtemps ; ses contractions durent même plusieurs heures chez les reptiles. Le canal intestinal, détaché du corps, continue ses mouvements péristaltiques. On a vu l'oviducte excisé d'une tortue se débarrasser encore de son contenu, etc. (1). Les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile, ne pouvant développer ici par eux-mêmes la force nerveuse, entretiennent ces contractions seulement jusqu'à ce qu'ils aient dépensé tout ce qu'ils en tenaient en réserve.

B. Si les parties douées de mouvement involontaire, comme le cœur et le canal intestinal, conservent, quelque temps après avoir été séparées du corps, le type de leur mouvement rhythmique ou péristaltique, il en résulte évidemment que ce type est indépendant du cerveau et de la moelle épinière, et qu'il doit être rapporté à l'emploi d'un reste de principe nerveux agissant *périodiquement* dans le grand sympathique. Mais, dans ces cas, les plexus ganglionnaires et les ganglions eux-mêmes ne sont pas nécessaires au maintien du type des mouvements involontaires ; car, contrairement à l'opinion de Brachet (2), j'ai toujours vu, chez des mammifères (chiens, chats et lapins), le cœur, mis sur une table, se contracter encore périodiquement après que j'en avais retranché toute la base avec les plexus et ganglions cardiaques, c'est-à-dire après l'ablation des oreillettes jusqu'aux ventricules. J. Müller a fait la même observation sur le cœur de la grenouille. Il faut donc, je le répète, admettre que si les ramifications terminales du grand sympathique peuvent, même après la mort, entretenir les mouvements involontaires, ce n'est qu'en dépensant, d'une manière périodique et plus ou moins prolongée, la force nerveuse qu'elles recèlent.

C. Une autre remarque, concernant les mouvements influencés par le grand

(1) J. MÜLLER, *ouvr. cit.*, t. I, p. 228.
(2) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 2e édit. Paris, 1837, p. 163.

sympathique, différencie un peu ce dernier des nerfs de la vie de relation. Si l'on fait agir une irritation chimique, mécanique ou galvanique sur un nerf moteur cérébro-spinal, on suscite des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et à disparaître. Au contraire, les mêmes irritants sont-ils appliqués à des divisions du grand sympathique, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et n'arrive à son maximum d'intensité que quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre, elle ne commence qu'après l'irritation immédiate et dure plus longtemps qu'elle. Ces résultats semblent donc prouver que la transmission du principe nerveux est plus lente dans le grand sympathique que dans les nerfs cérébro-rachidiens, ou, en d'autres termes, que le premier est moins bon conducteur que les seconds. Toutefois le caractère particulier de la contraction viscérale pourrait bien tenir aussi en partie à la nature de la fibre contractile elle-même.

La question de savoir si le système nerveux ganglionnaire peut être considéré comme l'appareil organique spécial des *sympathies* a été examinée précédemment (page 293 et suiv.).

Quant à l'influence particulière que le grand sympathique exerce sur beaucoup d'organes de l'économie, les nombreux détails que cette étude comporte nous obligent à renvoyer le lecteur à notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux* (t. II, p. 595 et suiv.).

Nous nous en tiendrions donc aux notions générales précédemment exposées, si, depuis la publication de cet ouvrage, la science n'avait fait quelques acquisitions importantes qu'il nous faut signaler; nous voulons parler des recherches nouvelles touchant les rapports du grand sympathique, d'une part, avec les *mouvements de la pupille*, et, d'autre part, avec le développement de la *chaleur animale*.

Influence du grand sympathique sur les mouvements de la pupille —Pourfour du Petit (1), dès 1712, avait démontré qu'à la suite de la section du cordon qui unit entre eux les ganglions inférieur et supérieur de la portion cervicale du grand sympathique, ou de l'ablation du dernier de ces ganglions, on observait, dans l'œil correspondant, une constriction permanente de la pupille.

Pour expliquer ce singulier phénomène, on a admis, depuis Pourfour du Petit, deux ordres de fibres musculaires dans l'iris : les unes présidant à la dilatation de la pupille, et les autres à son resserrement. Le grand sympathique animerait les fibres radiées ou dilatatrices, tandis que les fibres circulaires, celles qui bordent l'ouverture de l'iris, seraient sous la dépendance du nerf moteur oculaire commun.

En 1845, Biffi (2), en galvanisant le bout supérieur du sympathique préalablement divisé au cou, reconnut que la pupille s'élargissait.

Cette expérience, répétée par Budge et A. Waller (3), donna constamment le même résultat. Tout en démontrant la nature motrice du sympathique au cou, elle

(1) *Mémoire dans lequel il est démontré que les nerfs intercostaux fournissent des rameaux qui portent des esprits dans les yeux* (*Mém. de l'Académie des sciences*, Paris, 1727).
(2) *Annali universali di medicina*, 1845.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, séance du 6 octobre 1851.

permet aussi, suivant ces expérimentateurs, de comprendre la vraie cause de la constriction de l'ouverture pupillaire, après la section de ce nerf : il est manifeste que, si l'irritation du sympathique cervical produit la contraction des *fibres radiées* de l'iris et partant la dilatation de la pupille, la constriction de cette ouverture, après la section de ce nerf, doit être la conséquence de la paralysie de ces mêmes fibres, l'action des *fibres circulaires* étant d'ailleurs conservée ; de la même manière que la paralysie des muscles extenseurs qui ouvrent la main laisse celle-ci fermée, par suite de l'influence, dès lors seule agissante, des muscles fléchisseurs.

De plus, Budge et Waller (1) ont découvert un fait fort intéressant : Ils ont constaté qu'une portion de la moelle, qu'ils ont appelée *portion cilio-spinale*, influence la pupille par l'intermédiaire du cordon cervical du grand sympathique.

Ces expérimentateurs, cherchant à déterminer le foyer central du pouvoir moteur du sympathique sur l'iris, galvanisèrent, à diverses hauteurs (chez le lapin), le sympathique cervical non divisé, mais simplement isolé des tissus environnants. En agissant ainsi sur le premier ganglion, sur le cordon entier jusqu'au dernier ganglion cervical, et sur ce ganglion lui-même, ils produisirent constamment la même dilatation de la pupille. Au-dessous de ce dernier ganglion, le cordon qui lie celui-ci au premier ganglion thoracique, et toutes les autres branches, *excepté la branche originelle* ou rachidienne, ne fournirent aucun résultat à la galvanisation.

Sur des chiens, Budge et Waller, ayant divisé le tronc commun du nerf vague et du grand sympathique au-dessous du premier ganglion cervical, observèrent les phénomènes ordinaires, tels que le resserrement de la pupille, l'injection de la conjonctive, etc. Puis, sur un lapin, ils dénudèrent la moelle spinale, depuis la partie inférieure de la région dorsale jusqu'à la partie supérieure du cou : la galvanisation de la moelle, vers le milieu de la partie découverte, donna lieu à la dilatation des pupilles. C'est à la portion de moelle possédant cette propriété qu'ils donnèrent le nom de *région cilio-spinale :* celle-ci comprendrait une assez longue zone étendue entre la première vertèbre cervicale et la sixième dorsale inclusivement (*).

Au delà de ces limites, la galvanisation de la moelle ne produit aucun effet sur les pupilles.

Budge et Waller constatèrent, en outre, que la galvanisation de la région cilio-spinale influence d'autant plus les ouvertures pupillaires qu'on se rapproche davantage de la partie moyenne de cette région. Son effet *maximum* s'observe au niveau de l'articulation des deuxième et troisième vertèbres dorsales.

Lorsque les deux sympathiques cervicaux sont intacts, l'irritation galvanique de la région cilio-spinale se fait sentir également sur les deux nerfs ; mais, quand l'un des sympathiques est coupé, la même irritation ne cause plus la dilatation pupillaire que du côté sain. Les deux sympathiques sont-ils divisés au cou, l'irritation du centre cilio-spinal ne produit aucun effet sur les deux yeux.

La moelle étant intacte, la galvanisation d'un côté seulement, dans la partie indiquée, dilate les deux pupilles également. Si l'on divise longitudinalement cette partie de la moelle en deux moitiés latérales, et qu'on les isole l'une de l'autre, par une lame de verre, l'irritation galvanique d'un côté produit seulement la dilatation de la pupille du même côté.

Lorsque la région cilio-spinale est coupée transversalement à différentes hau-

(1) *Loc. cit.*

(*) Selon BROWN-SÉQUARD, la région ou la zone cilio-spinale s'étend inférieurement jusqu'à la neuvième ou dixième vertèbre dorsale.

teurs, on trouve que toute partie qui est séparée de son centre, placé au niveau de l'articulation des deuxième et troisième vertèbres dorsales, a perdu toute son influence sur les pupilles, tandis que, au contraire, toute partie en connexion avec ce centre continue d'exercer son action.

Enfin Budge et Waller (1) ont cherché à établir que toutes les fibres motrices de l'iris, qui viennent du grand sympathique cervical, passent par le ganglion du nerf trijumeau ou de Gasser. En effet, disent ces expérimentateurs, après avoir découvert le trijumeau, si l'on pratique la division de cette paire nerveuse, en des points successivement plus rapprochés de l'œil, on découvre que, jusqu'à la partie antérieure du ganglion de Gasser, le sympathique conserve toujours son pouvoir sur la pupille ; mais quand la section a dépassé cette dernière limite, toute action du sympathique sur cet orifice est perdue.

Indépendamment de son action sur l'orifice pupillaire, la section de la portion cervicale du grand sympathique produit d'autres effets sur lesquels Cl. Bernard (2) a attiré l'attention. On observe, par exemple, le resserrement de l'ouverture palpébrale, et en même temps une déformation de cette ouverture, qui devient plus elliptique et plus oblongue transversalement ; la rétraction du globe oculaire vers le fond de l'orbite, rétraction qui fait saillir le cartilage de la troisième paupière et le porte à venir se placer au-devant de l'œil ; l'aplatissement de la cornée et le rapetissement consécutif de l'œil. Enfin le rétrécissement plus ou moins marqué de la narine et de la bouche du côté correspondant à la section.

Mais Cl. Bernard a encore indiqué d'autres modifications plus importantes qu'il nous reste à faire connaître, modifications qui d'ailleurs se rattachent, non plus à l'influence particulière d'une portion du grand sympathique, mais à l'action générale de ce nerf.

Influence du grand sympathique sur la calorification, la nutrition et les sécrétions. — Le grand sympathique influence, d'une manière toute spéciale, la *calorification* des parties auxquelles il se distribue. Ce fait a été mis hors de doute par un grand nombre d'expériences, qui ont été exécutées principalement sur la portion cervicale de ce nerf. En 1851 (3), Cl. Bernard annonça ainsi le résultat de ses recherches : « J'ai vu, dit-il, que, aussitôt après la section du filet sympathique cervical qui unit les ganglions cervicaux, il survient une *augmentation de chaleur* dans tout le côté correspondant de la face. Cet accroissement de la calorification peut s'apprécier par la main très facilement. Quand on plonge le thermomètre comparativement dans les oreilles ou dans les narines de l'animal, on constate que la température est plus élevée de 4 à 6 degrés centigrades du côté où le filet du grand sympathique a été coupé. Quand on enlève le ganglion cervical supérieur de ce nerf, on produit exactement les mêmes effets et quelquefois avec plus d'intensité ; l'énergie du phénomène est, du reste, en rapport avec la force de l'animal. »

Suivant le même expérimentateur, en même temps que la chaleur augmente dans les parties, la circulation y devient plus active, ce qui est très apparent sur les

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, séance du 20 octobre 1851.

(2) *Mémoires de la Société de biologie*, novembre 1852. — *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*. Paris, 1858, t. II, p. 473 et suiv.

(3) *Mémoires de la Société de biologie*, année 1851, t. III, p. 163. — *Note sur l'influence du nerf grand sympathique sur la chaleur animale*, lue à l'Académie des sciences de Paris le 29 mars 1852.

oreilles des lapins. Le phénomène de calorification augmentée dure très longtemps: Cl. Bernard l'a constaté pendant plusieurs mois de suite chez les chiens (*). Enfin il a reconnu que la section des autres nerfs de mouvement ou de sentiment de la face n'empêche pas l'augmentation de chaleur de se produire, aussitôt qu'on vient à couper le grand sympathique.

L'explication suivante a été proposée: par suite de la section du grand sympathique, les vaisseaux sanguins sur les parois desquels ce nerf se distribue sont paralysés; ceux-ci, ne résistant plus à l'ondée sanguine, se laissent distendre, d'où l'accumulation d'une plus grande quantité de sang, et, comme conséquence, une augmentation de température.

Des expériences, analogues aux précédentes, ont été faites sur d'autres points du grand sympathique. Cl. Bernard a déterminé une augmentation sensible de température dans le thorax et dans l'abdomen, en agissant sur le premier ganglion thoracique et sur le plexus solaire. Pincus (1) et Samuel (2) ont occasionné des congestions et même des suffusions sanguines très fortes dans la muqueuse gastro-intestinale, en extirpant, sur des chiens, des chats et des lapins, le plexus solaire et les ganglions semi-lunaires. D'autres ont constaté une injection considérable des vaisseaux du membre inférieur sur des grenouilles dont ils avaient coupé le plexus ischiatique à sa sortie de la moelle, et aussi, par conséquent, les rameaux du grand sympathique destinés à ce membre.

Après la section du grand sympathique cervical, Brown-Séquard (3), ayant galvanisé le bout périphérique, détermina une contraction des vaisseaux sanguins d'abord dilatés, et, comme conséquence de l'expulsion du sang, un refroidissement des parties d'abord échauffées.

D'après le même observateur, les propriétés vitales se conservent plus longtemps du côté où le grand sympathique a été coupé que dans le côté sain, et la galvanisation produit, sous ce rapport, des effets opposés à ceux de la section. « Toujours, dit-il, avec l'élévation locale de la température, coïncide une paralysie, ou en d'autres termes, une dilatation des vaisseaux sanguins; toujours avec un abaissement local de température coïncide une contraction, ou en d'autres termes, le resserrement des vaisseaux sanguins. Ainsi la *paralysie vasculaire* s'accompagne d'une élévation de température, et la *contracture vasculaire* d'une diminution. »

D'après Schiff (4), le grand sympathique ne serait pas le seul nerf vaso-moteur de la tête, et ayant de l'influence sur la calorification de cette partie: des rameaux du plexus cervical animent les vaisseaux sanguins de l'oreille, et la section du trijumeau est également suivie de la paralysie d'un certain nombre de vaisseaux et d'une élévation de température. Le nerf facial aurait, suivant Brown-Séquard, la même influence sur les vaisseaux de l'oreille; mais Cl. Bernard fait observer qu'en arrachant le facial, à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, on arrache en même temps le *nerf de Wrisberg* qu'il suppose être une racine céphalique du grand sympathique.

(*) VAN DER BEKE CALLENFELS (*Zeitschrift für ration. Med.*, 1856, VII, p. 157) a vu cette élévation de température, quoique amoindrie, persister au bout de 155 jours, sur l'oreille de l'animal, après l'ablation du ganglion cervical supérieur.

(1) PINCUS, *Experimenta de vi nervi vagi et sympathici ad vasa, secretionem, nutritionem, tractus intestinalis et renum.* Breslau, 1856.

(2) SAMUEL, *Die Extirpation des Plexus cœliacus* (*Wiener Medicin. Wochenschrift*, n° 30, 1856).

(3) *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489.

(4) *Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems*, etc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

On sait que, pour Cl. Bernard (1), s'il y a tantôt une diminution et tantôt une augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie, ces différences dépendent d'une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs : il croit que l'abolition du sentiment et l'abolition du mouvement volontaire donnent également lieu à un refroidissement des parties paralysées; tandis que la section ou l'abolition d'influence du nerf grand sympathique (issu de l'axe cérébro-spinal) produit seule leur échauffement, sans doute en déterminant l'afflux du sang par suite de la dilatation paralytique des vaisseaux.

Quant à la question de savoir de quelle partie de l'axe cérébro-spinal viennent les nerfs *vaso-moteurs*, associés au grand sympathique ou à des nerfs cérébro-rachidiens, suivant Schiff (2) ils proviendraient spécialement de la moelle allongée; aussi plus l'hémisection latérale de la moelle est pratiquée près de l'encéphale, plus la température s'élèverait dans le membre postérieur du côté correspondant. D'autres observateurs assurent, au contraire, que le plus grand nombre de ces nerfs s'arrêtent dans la moelle épinière elle-même, et surtout ils se refusent à reconnaître, comme insuffisamment démontrée, leur *décussation* dans la moelle, admise par Schiff (*).

Nul doute, d'après ce qui précède, que les vaisseaux sanguins ne soient doués d'une contractilité vivante influencée par les fibres nerveuses qui les accompagnent. Or, ces fibres, ou plutôt ces tubes nerveux *vaso-moteurs*, pour arriver à leur destination, traversent, en grand nombre, les ganglions du grand sympathique; de là, l'intervention reconnue de ce nerf dans les phénomènes de *circulation capillaire*, de *nutrition*, de *sécrétion* et de *production de chaleur*. En augmentant ou en diminuant, par les divers états de contraction ou de dilatation des vaisseaux, la vitesse du cours du sang et la tension sanguine, cette portion spéciale du système nerveux (dont l'origine est dans l'axe cérébro-spinal) peut déjà sans doute amener des changements dans les précédents actes de la vie végétative; mais ce système se borne-t-il, en effet, à agir seulement comme régulateur du cours du sang? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire, en particulier, joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait-on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède?

Quoi qu'il en soit, en enlaçant de ses innombrables ramifications l'ensemble du système circulatoire, le grand sympathique exerce son influence non-seulement sur les viscères et les organes de la tête, de la poitrine et de l'abdomen, mais encore, comme l'admettent la plupart des physiologistes, sur les membres eux-mêmes. Toutefois on ne doit pas perdre de vue que, si, dans les parties exclusivement animées par des filets sensitifs et des filets moteurs du grand sympathique, la sensibilité et le mouvement de ces parties ne se maintiennent qu'avec le concours de

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 490.
(2) *Ouvr. cit.*

(*) Consultez aussi sur le rôle du grand sympathique dans la calorification : *Ricerche sulle funzioni del nervo gran simpatico e sulla calorificazione*, dei fratelli LUSSANA e del AMBROSOLI, 1857.

l'axe cérébro-spinal, il en est de même des filets ou tubes vaso-moteurs, qui cessent aussi d'influencer la contraction vasculaire dès qu'on a interrompu leurs communications avec le système nerveux central. Ajoutons que si la dilatation paralytique des vaisseaux succède à une pareille interruption, au contraire la galvanisation de la moelle épinière, ou bien celle des racines spinales antérieures (Pflüger) (1), diminue, d'une manière sensible, le calibre des artères correspondantes aux parties excitées.

Quant aux détails qui concernent l'intervention du nerf grand sympathique dans l'accomplissement des divers phénomènes nutritifs et sécrétoires, ils ont été mentionnés plus spécialement pages 269, 274, 385, 391, 484, 563, lorsque nous avons exposé les fonctions de la moelle épinière, du trijumeau, du facial, et notamment du nerf pneumogastrique, dont l'histoire se confond, en beaucoup de points, avec celle du grand sympathique.

DES FACULTÉS INTELLECTUELLES ET MORALES.

Considérations préliminaires.

Nous avons consacré d'assez nombreuses pages à la détermination des rapports du système nerveux avec les facultés intellectuelles et morales; nous croyons ne pouvoir nous dispenser de réserver ici une place à l'étude de ces facultés considérées en elles-mêmes.

Cette étude est plus particulièrement du ressort de la philosophie, que l'on a vaguement appelée la science de tout, et qu'Aristote et Descartes, ces deux grands penseurs, définissaient la science des premiers principes et des premières causes. Dieu, l'homme et le monde sont les trois objets de la philosophie : la science de Dieu, *théodicée;* la science de l'homme moral, *psychologie;* la science du monde, *physique*, en prenant ce mot dans son acception la plus haute et la plus étendue.

L'importance de la psychologie n'a pas besoin d'être démontrée : quel objet plus digne de l'attention de l'homme que l'homme lui-même ? Prétendre que le dernier but de la création nous est connu, serait téméraire; dire que tout a été créé pour nous, même les mondes cachés dans les profondeurs de l'immensité, serait orgueilleux; mais on n'en conviendra pas moins que l'homme est le centre d'une vie intellectuelle qui suppose, de la part de son créateur, une idée, une destination, un but. Chercher ce but, le connaître, l'approfondir, est le propre d'une science au-dessus de toutes les autres; car c'est en elle que résident les lois morales de l'humanité.

Les physiologistes s'accordent à considérer le système nerveux comme le siége des facultés intellectuelles, et, chez les anciens comme chez les modernes, aucun philosophe n'a méconnu les rapports étroits qui unissent les organes du corps et les manifestations de la pensée. On sait que le *cerveau* en est l'organe ou du moins la condition matérielle : est-il incomplétement développé, l'intelligence reste à l'état rudimentaire et comme étouffée; est-il malade, elle s'altère; détruit, elle disparaît, et la vie s'éteint rapidement.

En présence d'une vérité que proclament avec la même évidence la physiologie

(1) *Loc. cit.*

expérimentale et l'observation des phénomènes morbides, on a lieu de s'étonner que la question suivante ait pu être posée : Les médecins sont-ils aptes à s'occuper de psychologie? « La physiologie, dit-on (1), n'embrasse que des faits qui se touchent et se voient. Comment en serait-il autrement, si c'est toujours à de la matière qu'ils se rapportent, et dans l'étendue qu'ils s'accomplissent? Ces faits, le médecin les observe par les sens et les explique par l'induction; il doit s'y renfermer. Tout ce qui dans notre corps n'est pas appréciable aux sens, ce qui n'est ni modification de la matière, ni mouvement de l'organisme, sera une science spéciale et distincte, qui est fermée aux physiologistes... La physiologie et la psychologie sont distinctes comme la vie du corps et la vie de l'âme, etc. »

L'auteur de ces réflexions, après avoir reconnu d'ailleurs la dépendance des phénomènes intellectuels du libre jeu de l'organisation cérébrale, semble oublier combien ces connaissances sont solidaires. Non, quoi qu'on en dise, nul n'a indiqué où s'arrête le champ de la physiologie, où commence celui de la psychologie. Sans une notion approfondie des fonctions des diverses parties du système nerveux, comment parler avec assurance de la sensibilité et même des facultés intellectuelles? Sans la comparaison des penchants, des instincts, des mœurs des animaux avec ceux de l'homme, peut-on espérer connaître tous les éléments du problème? Faut-il demander les observations aux philosophes purs ou bien aux médecins naturalistes? Pour traiter convenablement de telles questions, ce n'est point trop de tous les procédés, de toutes les facultés et de tous les moyens d'investigation de l'intelligence humaine. « Il n'appartient qu'à celui qui a pratiqué la médecine, dit Diderot, d'écrire de la métaphysique. Lui seul a vu les phénomènes, la machine tranquille ou furieuse; faible ou vigoureuse; saine ou brisée; délirante ou réglée; imbécile, éclairée, stupide; bruyante, muette, léthargique; vivante ou morte. » Et, en effet, combien de matériaux précieux pour leurs immortels ouvrages, Démocrite, Aristote, Descartes, Buffon, Cuvier, etc., ces grandes lumières des siècles scientifiques, ne puisèrent-ils pas dans la médecine? Cette science, dont les anciens attribuaient l'origine à la Divinité, a pu être considérée comme l'expression entière de l'étude de l'homme; aussi était-ce surtout au médecin que s'adressait ce précepte inscrit sur le fronton du temple de Delphes : Γνῶθι σεαυτόν (*Connais-toi toi-même*).

La *psychologie* est la science qui traite des facultés de l'âme. Aristote (2), le premier, lui a donné cette signification et cette grandeur; Bonald (3), en définissant l'homme *une intelligence servie par des organes*, a parfaitement tracé les limites de cette science et posé tout un système. En effet, c'est par l'intelligence seule que l'homme est ce qu'il est; sans elle, il n'y aurait en lui qu'un genre, une variété de l'innombrable espèce animale, tandis que l'homme est véritablement une créature spéciale et privilégiée à laquelle ne peut être comparée aucune de celles qui nous sont connues. Lorsque les anciens, qui ont jeté un regard si profond dans la nature, ont appelé l'homme un petit monde, ils avaient jugé qu'en effet tout un monde se réfléchissait au dedans de sa pensée, et qu'elle seule renfermait un mystère dont ils ne se lassaient pas de chercher le sens.

(1) *Manuel de psychologie*, par AMÉDÉE JACQUES, Jules Simon, Emile Saisset. Paris, 1846.
(2) Consultez la savante traduction de la *Psychologie d'Aristote*, par Barthélemy Saint-Hilaire.
(3) *Recherches philosophiques sur les premiers objets des connaissances morales*, Paris, 1818.

La plupart des philosophes se sont occupés de psychologie. Aristote (1) en contient presque tous les éléments, traités le plus souvent avec la profondeur et la justesse particulières à ce génie célèbre. Locke (2) en est regardé comme le vrai fondateur : l'*Essai sur l'esprit humain* est consacré à déterminer la nature de nos connaissances, leur étendue, leurs limites et surtout leur origine.

Analyse des facultés de l'âme, origine de ces facultés, nature du principe pensant, tels sont les trois points qui vont nous occuper. Les deux premiers ont leur intérêt et leur importance ; mais c'est à déterminer la nature, l'essence du principe pensant que doit tendre toute science pratique : « Car, dit Jouffroy (3), c'est d'elle que dérive toute la moralité des actions de l'homme, et sur elle que repose sa destinée future. » La question d'une substance immatérielle ou simplement organique domine toutes les autres. La connaissance et la véritable appréciation des facultés des animaux sont d'une haute importance pour la solution de ce grand problème. Mais là n'est pas toute la difficulté : en admettant, dans l'homme, la pensée et le corps comme principes indépendants, il resterait à examiner le moyen d'union des deux principes et leur influence réciproque. Poser de telles questions, c'est dire que nous ne pouvons les traiter que dans les limites les plus restreintes ; nous mettrons nos soins plutôt à les indiquer qu'à les résoudre, tout en émettant le vœu que des médecins, familiers avec des matières aussi épineuses, les traitent avec l'étendue qu'elles comportent.

La seule manière de faire de la philosophie est la méthode d'observation (4). A part quelques partisans de l'école historique, la presque totalité des savants partage cette opinion. Partir d'un fait non encore démontré comme fondement d'une science, répugne aux esprits rigoureux. Au lieu de la créer de toutes pièces, il paraît plus logique de l'étudier par une sévère analyse et de réserver la synthèse pour son couronnement. Ainsi, connaître les faits est le point de départ de la philosophie ; mais que serait cette notion sans celle des lois, des causes et de la raison finale ?

Quels seront les moyens de cette observation ? Ici viennent se placer deux systèmes d'une importance telle, que, dans l'adoption de l'un ou de l'autre, se trouve presque formulée une opinion sur la nature intime de l'homme et sur les plus graves questions qu'on puisse agiter : nous voulons parler des deux systèmes de l'expérience et de la raison, qui divisent naturellement les philosophes en *empiriques* et en *rationalistes*. Dans l'antiquité, Thalès est regardé comme le fondateur de l'empirisme, et Pythagore du rationalisme. Sans adopter exclusivement l'un ou l'autre système, Aristote penche vers celui de l'expérience ; Platon, vers celui de la raison. Cependant on lit dans Aristote : « Les vérités rationnelles, bases du raisonnement, les vérités premières, les principes ne se prouvent pas ; ils entraînent immédiatement notre assentiment, notre foi ; il ne faut pas chercher leurs fondements, ils reposent sur eux-mêmes. » Chez les modernes, Descartes (5) et son école, et, en général, tous les spiritualistes, professent le rationalisme. Bacon (6) doit être regardé comme le fondateur de la philosophie expérimentale, qu'il appliqua

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *An Essay concerning human Understanding*, 1755, trad. en franç. par Coste, 5e édit.
(3) *Facultés de l'âme humaine* (*Mélanges philos.*, Paris, 1833).
(4) DAMIRON, *Essai sur l'histoire de la philosophie en France au* XIXe *siècle*, p. 385.
(5) Voy. ses *Méditations* et ses *Principes de philosophie*, dans *Œuvres complètes*.
(6) *Novum Organum, or New Method of employing the Reasoning Faculties in the Pursuit of Truth*. Londres, 1620.

à toutes les sciences. Cependant, quoiqu'il fasse un humble rôle à la conscience, il a proclamé que l'expérience et la raison étaient les deux fondements solides de toute science : « On peut tout espérer, disait-il, de leur étroite alliance, qui n'a pas été encore assez formée, et leur désolant divorce a jusqu'ici tout troublé. » Bacon a été, sans le savoir, le fondateur de l'école sensualiste adoptée et soutenue, à des points de vue divers, par Gassendi (1), Hobbes (2), Malmesbury, par Locke (3), le plus sage et le plus raisonnable d'entre eux. Locke, en effet, a distingué deux sortes d'expérience : la sensation, qui a pour objet le monde extérieur, et la réflexion, qui a pour objet les opérations de l'âme ; celles-ci sont la perception des sensations, la rétention, le discernement, la comparaison, l'abstraction et la généralisation. « Ainsi, dit Jules Simon (4), tout se borne à obtenir directement des idées expérimentales et à les combiner ensuite de diverses façons... Avec ces prémisses, Locke devait aboutir au nominalisme, au matérialisme. Il n'a pas été jusque-là. Il s'est abstenu de prononcer ; il a fait un appel à la révélation. Ses disciples ont répondu pour lui ; ils sont allés jusqu'au bout de ses principes. »

L'école de Locke compte Condillac, Ch. Bonnet, s'Gravesande, d'Alembert, Condorcet, Helvétius, Lamettrie, Priestley, Cabanis, Volney, Garat, et plus ou moins tous les matérialistes modernes.

D'après ces courtes citations, on voit toute l'influence, sur nos opinions et nos doctrines, des moyens dont on se sert dans de pareilles études. Ces formules préconçues sont toujours dangereuses : l'horizon de nos connaissances est si borné, pourquoi nous emprisonner dans des limites tracées d'avance ? Tout en donnant une grande valeur aux données de l'expérience, n'est-il pas plus rationnel d'interroger aussi la conscience, et de fouiller le domaine de la nature avec toutes les forces de l'esprit, en admettant le sens commun au nombre des guides qui peuvent sûrement nous diriger à travers le labyrinthe de la psychologie ?

Des facultés de l'âme.

« Notre âme n'a qu'une forme très simple, très générale, très constante ; cette forme est la pensée. » (Buffon.) Pour l'école sensualiste, toutes les facultés se réduisent à un seul terme, *sentir*, et toutes les opérations de l'âme ne sont, d'après Condillac (5), que la sensation transformée diversement. Ce philosophe partage l'intelligence en *entendement* et en *volonté ;* la plupart des auteurs admettent un troisième mode, la *sensibilité*. Dans leur opinion, toutes les transformations de la pensée, toutes les affections, tous les sentiments, toutes les passions, toutes les forces de l'âme agissante et libre, appartiennent ou à la sensibilité, ou à l'intelligence, ou à la volonté.

Nous ne ferons qu'une seule remarque sur cette classification aujourd'hui universellement admise. L'un des trois phénomènes actifs de l'âme, la sensibilité, ne nous semble ni bien compris ni bien défini. La sensibilité, dit-on, est la capacité d'éprouver toute espèce de sensations et de sentiments. La peine et le plaisir sont, avec leurs degrés variables, le fond de cette faculté : on en fait dériver l'amour, le

(1) *Syntagma philosophicum*, 1653.
(2) *De natura humana*. Londres, 1650.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Manuel de philosophie*, p. 632.
(5) *Traité des sensations*. Paris, 1751.

désir, l'espérance, le regret, l'aversion, la terreur, ainsi que les sentiments, instincts, appétits, penchants, inclinations, etc.

Pour le physiologiste, la sensibilité est la faculté de sentir; elle comprend les impressions venues par les sens et par une grande classe de nerfs que nous avons reconnus exclusivement sensibles. La sensibilité, source de la douleur et du plaisir, est exclusivement l'attribut des faisceaux postérieurs de la moelle et des nerfs qui en partent, ainsi que d'une partie de la moelle allongée et des tubercules quadrijumeaux. Il serait aussi peu rationnel et philosophique d'attribuer les instincts et les passions à la sensibilité, que de faire provenir la liberté humaine de la sensation.

Ces phénomènes sont entièrement indépendants les uns des autres, et n'ont entre eux ni connexion ni rapport. Cependant il est indispensable de former une classe ou un genre distinct des appétits, penchants, instincts, sentiments ou passions, qui ne dépendent ni de l'entendement ni de la volonté. Pour remonter à leur origine et déterminer leur nature, ce n'est pas trop de la science du moraliste, du métaphysicien et du physiologiste. Nous nous bornerons à une simple indication.

Les appétits sont des impulsions ou des sensations intérieures qui révèlent un besoin de l'organisation. Nous éprouvons, selon Descartes (1), des modifications qui ne se rapportent ni à l'âme ni au corps, mais qui résultent de l'union de l'âme et du corps, telles que l'appétit, la faim, la soif, etc. Nous croyons l'âme complétement étrangère à ces modifications de nature purement organique. Elles ne nous apprennent rien, elles ne sont la source d'aucune idée. On peut les regarder comme des sentinelles qui veillent à la conservation du corps, et on les trouve, chez les animaux les plus inférieurs, aussi vivaces que chez l'homme.

Les sentiments *paraissent* dépendre des facultés de l'âme, comme les appétits, les besoins dépendent des fonctions du corps. Ce sont des modes abstraits ou des combinaisons de ces facultés que l'on confond souvent avec les passions. Les Grecs nommaient πάθος, c'est-à-dire maladie, tout mouvement qui trouble; Cicéron (2) appelait les passions du nom de *ægritudines*, *perturbationes*, *libidines*, *affectiones*. Chez les anciens, les passions étaient aussi difficiles à bien définir que dans les langues modernes, ce qu'on peut induire de la multiplicité des termes employés à les désigner. On confond généralement les passions et les affections de l'âme: cependant le premier nom est plus particulièrement réservé aux passions actives, la colère, la haine, l'ambition, etc.; le second aux passives, telles que la tristesse, la crainte, etc.

La classification et le nombre des passions varient selon les philosophes qui s'en sont occupés. Les stoïciens en admettaient de quatre sortes, celles qui proviennent du désir et de la joie, de la tristesse et de la crainte. Pour les épicuriens, il n'y avait que trois passions principales, la joie, la douleur et le désir, tandis qu'Aristote en admettait huit. Dans son *Traité des passions*, Descartes reconnaît qu'il y en a six, simples et primitives, dont toutes les autres tirent leur origine, savoir: l'admiration, l'amour, la haine, le désir, la joie et la tristesse. Certains philosophes ont fondé leur classification sur les deux appétits supposés de l'âme sensitive, l'un concupiscible et l'autre irascible. Les partisans des deux principes qui semblent se

(1) *OEuvr. philos.*, méd. VI.
(2) *Quæstiones Tusculanæ*, liv. III et IV.

partager l'empire du monde, le bien et le mal, font dériver toutes les passions de l'amour et de la haine, de la sympathie et de l'antipathie. Le physiologiste a dû naturellement les envisager d'après leur influence sur les fonctions organiques : ainsi, les unes épanouissent, exaltent les forces vitales, les autres les concentrent et les oppriment. Dans la première catégorie viennent se ranger l'admiration, la joie, le courage, l'amour, la colère ; dans la seconde, le chagrin, la haine, la peur. Les unes sont dites chaudes ; les autres, froides. Celles-ci sont le propre des vieillards, celles-là le brillant apanage de la jeunesse.

Suivant les stoïciens, toute passion est une maladie, toutes sont vicieuses : ils les définissaient un trouble de l'esprit contre nature et le détournement de sa voie ; ils appelaient la colère une fureur passagère, *furor brevis*. Le plus haut degré de sagesse était de savoir les dompter ; le comble de la félicité résidait dans la sérénité d'esprit ou l'indifférence. Supporter et s'abstenir, renfermaient presque toute leur morale. Combien est plus sage et plus vraie l'opinion de Descartes ! D'après ce philosophe, toutes les passions sont bonnes de leur nature, et nous n'avons rien à éviter que leur mauvais usage et leurs excès. L'âme peut avoir ses plaisirs à part ; mais, pour ceux qui lui sont communs avec le corps, ils dépendent entièrement des passions, en sorte que les hommes qu'elles peuvent le plus émouvoir sont capables de goûter le plus de bonheur en cette vie (1). Diderot comparait les hommes sans passions à des instruments sans cordes.

Gall et les phrénologistes considèrent le cerveau comme le siége des passions ; c'était aussi l'opinion de Descartes. Mais la plupart des philosophes qui les faisaient provenir de l'âme déraisonnable, à l'exemple de Pythagore, Platon, Galien, les plaçaient dans l'organe où ils supposaient que cette âme devait résider. Plusieurs d'entre eux la logeaient au centre phrénique, où Van Helmont plaçait son *archée*, Buffon et Lacaze le *foyer de la vie* (2).

On ne s'est pas borné à dire qu'en général les passions ont leur siége dans les principaux viscères, ou dans les ganglions du nerf grand sympathique, on a assigné à chaque organe une passion déterminée. Richerand place dans les entrailles le sentiment de la maternité ; les grandes pensées viennent du cœur, selon Vauvenargues ; d'autres y logent le courage. D'après Quintilien, *pectus est quod nos disertos facit*. Suivant certains auteurs, *splene rident, felle irascunt, jecore amant, pulmone jactantur, corde sapiunt*. Jeux de l'imagination, ces vaines théories ne soutiendraient pas un examen sérieux. En retrouvant, chez les animaux, plusieurs des passions dont l'homme nous offre l'exemple, en les voyant transportés de courage, animés par la fureur, les uns frappés de terreur et de mouvements antipathiques insurmontables, les autres attirés par un attachement qui ne finit qu'avec la vie, et victimes parfois de la tristesse que leur laisse une amitié brisée, on se demande de quel principe dérivent les passions? Prennent-elles naissance dans l'âme, ou dans les organes ? Sont-elles un produit mixte de cette double origine ? Questions obscures sur lesquelles la philosophie et l'histoire naturelle n'ont pas encore prononcé.

(1) DESCARTES, *Les passions de l'âme*, chap. CCXII.

(2) *Idque situm media regione in pectoris hæret ;*
Hic exultat enim pavor, ac metus, hæc loca circum
Lætitiæ mulcent. (LUCRÈCE, *De natura rerum*.)

De l'entendement.

L'âme, en tant qu'elle pense et qu'elle forme des idées, prend le nom d'*entendement* ou d'*intelligence*. La première et la plus simple de ses opérations est la *perception*. Mais déjà ce phénomène en suppose un premier, qui lui-même est composé : on donne le nom d'*impression* à l'action d'un agent extérieur sur un organe ; transmise au cerveau et ressentie par lui, cette impression devient sensation et perception. La sensation perçue par l'âme prend le nom d'*idée* ; quelques philosophes définissent les idées des sensations comparées ou des associations de sensations. Il paraît indubitable qu'avant d'être perçue, l'impression est sentie par le cerveau, agent intermédiaire de l'âme et du monde extérieur. N'est-il pas évident que nous ne connaissons les qualités des corps que par les sens et l'expérience? C'est avec cette signification et dans cette limite seulement, qu'on doit admettre l'axiome des sensualistes : *Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu.* La vue, le tact et l'ouïe sont les trois sources abondantes de nos sensations et de nos idées; le goût et l'odorat apprennent peu à l'intelligence.

Plusieurs philosophes réduisent toutes les opérations de l'esprit à trois termes : percevoir, juger, raisonner. A leurs yeux, la perception est l'idée sans affirmation ; juger, c'est apercevoir le rapport de deux ou plusieurs idées ; raisonner, c'est former une suite de jugements et de rapports. Mais la nature est à la fois plus simple et plus compliquée : quoique les opérations intellectuelles soient d'une infinie variété, la gradation des phénomènes supposée par les psychologistes n'existe pas, et les actes de l'intelligence sont rapides, simultanés et en quelque sorte indivisibles.

Lorsque la sensation arrive à l'organe cérébral, l'âme la perçoit par une force active, l'*attention*. Sans cette dernière, les idées seraient comme les images fantastiques qui disparaissent d'un miroir aussitôt que s'éloigne le corps qui y était représenté. L'attention fixe l'image du corps senti dans le cerveau, et l'idée perçue dans l'âme. Dès lors, commence la *mémoire*, cette faculté admirable et mystérieuse qui réfléchit et conserve les accidents, les formes et les modifications de la pensée, de l'espace et du temps ; en l'absence des sens et loin de l'impression des agents extérieurs, elle se représente cette succession d'idées, d'images et d'événements déjà envolés, déjà tombés dans le néant ; elle les ressuscite spirituellement, et tels que le cerveau les sentit et que la conscience les perçut ou les forma.

Pourquoi la mémoire occupe-t-elle une aussi petite place dans les ouvrages de psychologie? Est-ce désespoir d'en expliquer le mécanisme et l'essence? Il y a deux mille ans, Aristote consacra à l'étude de cette faculté un petit traité rempli de vues profondes et ingénieuses, et qui est encore aujourd'hui l'ouvrage le plus complet sur cette matière. Descartes, Locke, Malebranche, Condillac, Spinosa, Reid, Dugald-Stewart, ont à peine fixé leur attention sur la mémoire, ou bien ont emprunté au philosophe grec la plupart de ses opinions.

Aristote (1) se pose d'abord ces questions : Qu'est-ce que la mémoire? Qu'est-ce que le souvenir? Quelle est la cause de ces phénomènes? A quelle partie de l'âme se rapportent cette faculté et l'acte qui constitue le souvenir, la réminiscence? « On ne peut se rappeler l'avenir, dit Aristote ; l'avenir ne peut être l'objet que

(1) *Psychologie* d'ARISTOTE, trad. de Barthélemy Saint-Hilaire.

de nos conjectures et de nos espérances. La mémoire ne s'applique pas davantage au présent, c'est l'objet de la sensation ; elle ne concerne que le passé, et s'accompagne toujours de la notion du temps. Parmi les animaux, ceux qui ont la perception du temps ont seuls de la mémoire. » Nous préférons cette explication à la définition, si contradictoire dans les termes, que le chef de l'école écossaise en a donnée, en appelant la mémoire *la connaissance immédiate du passé*. Il est certain que la notion du temps se mêle souvent aux phénomènes de la mémoire, mais elle n'en est pas inséparable : la notion du temps est très confuse chez les enfants; nous croyons que les animaux en sont complétement privés. Quoique Aristote pense le contraire, les enfants sont doués d'une grande mémoire, et nous donnerons pour preuve la faculté qu'ils ont de retenir plusieurs milliers de mots dans trois ou quatre langues différentes.

Suivant ce philosophe, « la mémoire appartient à la partie de l'âme de laquelle relève encore l'imagination. L'impression qui se produit, par suite de la sensation, dans l'âme et dans cette partie du corps qui produit la sensation, est analogue à une espèce de peinture; la perception de cette sensation constitue précisément ce qu'on appelle la mémoire. Le mouvement, qui se passe alors, empreint dans l'esprit comme une sorte de type de la sensation, analogue au cachet qu'on imprime sur la cire avec un anneau. Les enfants et les personnes trop vives ont peu de mémoire, parce qu'ils sont dans un grand mouvement, comme si le cachet était appliqué sur une eau courante. Chez les vieillards et les gens trop lents, la dureté même de la partie qui reçoit l'impression empêche que l'image n'y laisse la moindre trace. »

Est-ce de l'impression de l'esprit qu'on se souvient ou de l'objet même qui l'a produite ? Un animal peint sur un tableau, dit Aristote, est à la fois un animal et une copie; tout en étant un et le même, il est pourtant ces deux choses à la fois. L'être de l'animal et celui de l'image ne sont pourtant pas identiques, et l'on peut se représenter cette peinture soit comme animal, soit comme copie de l'animal. La notion que l'âme contemple est quelque chose par elle-même, bien qu'elle soit aussi l'image d'une autre chose. Tant qu'on la considère en elle-même, c'est une représentation de l'esprit, une image; en tant qu'elle est relative à un autre objet, c'est comme une copie et un souvenir.

Après ces explications un peu confuses, Aristote s'attache à distinguer la mémoire de la réminiscence. Il n'assigne pas à ce mot la même signification que Platon. Celui-ci disait que savoir, c'est se ressouvenir; pour celui-là la réminiscence est l'effort de l'esprit pour réunir les fragments d'un souvenir incomplet. Il y a des choses qu'on peut apprendre deux fois ; mais la réminiscence n'est pas le second apprentissage. Se souvenir par réminiscence, c'est posséder dans son esprit la faculté motrice assez forte pour tirer de soi-même et des mouvements que l'on a en soi le mouvement même qu'on cherche. Beaucoup d'animaux, suivant Aristote, ont de la mémoire, tandis que, parmi tous les animaux connus, la réminiscence n'appartient qu'à l'homme ; la cause de ce privilége, c'est que la réminiscence est une sorte de raisonnement. L'une est une faculté qui dépend en partie du corps, l'autre est une sorte de recherche que fait l'esprit dans l'image que le corps lui a transmise.

Pour trouver quelques notions nouvelles sur la mémoire, il faut arriver à Descartes. Comme Aristote, il pense que cette faculté provient de vestiges que laissent en nous les impressions des sens ou les modifications de la pensée : « Je crois, dit Des-

oreilles des lapins. Le phénomène de calorification augmentée dure très longtemps: Cl. Bernard l'a constaté pendant plusieurs mois de suite chez les chiens (*). Enfin il a reconnu que la section des autres nerfs de mouvement ou de sentiment de la face n'empêche pas l'augmentation de chaleur de se produire, aussitôt qu'on vient à couper le grand sympathique.

L'explication suivante a été proposée: par suite de la section du grand sympathique, les vaisseaux sanguins sur les parois desquels ce nerf se distribue sont paralysés; ceux-ci, ne résistant plus à l'ondée sanguine, se laissent distendre, d'où l'accumulation d'une plus grande quantité de sang, et, comme conséquence, une augmentation de température.

Des expériences, analogues aux précédentes, ont été faites sur d'autres points du grand sympathique. Cl. Bernard a déterminé une augmentation sensible de température dans le thorax et dans l'abdomen, en agissant sur le premier ganglion thoracique et sur le plexus solaire. Pincus (1) et Samuel (2) ont occasionné des congestions et même des suffusions sanguines très fortes dans la muqueuse gastro-intestinale, en extirpant, sur des chiens, des chats et des lapins, le plexus solaire et les ganglions semi-lunaires. D'autres ont constaté une injection considérable des vaisseaux du membre inférieur sur des grenouilles dont ils avaient coupé le plexus ischiatique à sa sortie de la moelle, et aussi, par conséquent, les rameaux du grand sympathique destinés à ce membre.

Après la section du grand sympathique cervical, Brown-Séquard (3), ayant galvanisé le bout périphérique, détermina une contraction des vaisseaux sanguins d'abord dilatés, et, comme conséquence de l'expulsion du sang, un refroidissement des parties d'abord échauffées.

D'après le même observateur, les propriétés vitales se conservent plus longtemps du côté où le grand sympathique a été coupé que dans le côté sain, et la galvanisation produit, sous ce rapport, des effets opposés à ceux de la section. « Toujours, dit-il, avec l'élévation locale de la température, coïncide une paralysie, ou en d'autres termes, une dilatation des vaisseaux sanguins ; toujours avec un abaissement local de température coïncide une contraction, ou en d'autres termes, le resserrement des vaisseaux sanguins. Ainsi la *paralysie vasculaire* s'accompagne d'une élévation de température, et la *contracture vasculaire* d'une diminution. »

D'après Schiff (4), le grand sympathique ne serait pas le seul nerf vaso-moteur de la tête, et ayant de l'influence sur la calorification de cette partie: des rameaux du plexus cervical animent les vaisseaux sanguins de l'oreille, et la section du trijumeau est également suivie de la paralysie d'un certain nombre de vaisseaux et d'une élévation de température. Le nerf facial aurait, suivant Brown-Séquard, la même influence sur les vaisseaux de l'oreille ; mais Cl. Bernard fait observer qu'en arrachant le facial, à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, on arrache en même temps le *nerf de Wrisberg* qu'il suppose être une racine céphalique du grand sympathique.

(*) VAN DER BEKE CALLENFELS (*Zeitschrift für ration. Med.*, 1856, VII, p. 157) a vu cette élévation de température, quoique amoindrie, persister au bout de 155 jours, sur l'oreille de l'animal, après l'ablation du ganglion cervical supérieur.

(1) PINCUS, *Experimenta de vi nervi vagi et sympathici ad vasa, secretionem, nutritionem tractus intestinalis et renum*. Breslau, 1856.

(2) SAMUEL, *Die Extirpation des Plexus cœliacus* (*Wiener Medicin. Wochenschrift*, n° 30, 1856).

(3) *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489.

(4) *Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems*, etc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

On sait que, pour Cl. Bernard (1), s'il y a tantôt une diminution et tantôt une augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie, ces différences dépendent d'une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs : il croit que l'abolition du sentiment et l'abolition du mouvement volontaire donnent également lieu à un refroidissement des parties paralysées; tandis que la section ou l'abolition d'influence du nerf grand sympathique (issu de l'axe cérébro-spinal) produit seule leur échauffement, sans doute en déterminant l'afflux du sang par suite de la dilatation paralytique des vaisseaux.

Quant à la question de savoir de quelle partie de l'axe cérébro-spinal viennent les nerfs *vaso-moteurs*, associés au grand sympathique ou à des nerfs cérébro-rachidiens, suivant Schiff (2) ils proviendraient spécialement de la moelle allongée; aussi plus l'hémisection latérale de la moelle est pratiquée près de l'encéphale, plus la température s'élèverait dans le membre postérieur du côté correspondant. D'autres observateurs assurent, au contraire, que le plus grand nombre de ces nerfs s'arrêtent dans la moelle épinière elle-même, et surtout ils se refusent à reconnaître, comme insuffisamment démontrée, leur *décussation* dans la moelle, admise par Schiff (*).

Nul doute, d'après ce qui précède, que les vaisseaux sanguins ne soient doués d'une contractilité vivante influencée par les fibres nerveuses qui les accompagnent. Or, ces fibres, ou plutôt ces tubes nerveux *vaso-moteurs*, pour arriver à leur destination, traversent, en grand nombre, les ganglions du grand sympathique; de là, l'intervention reconnue de ce nerf dans les phénomènes de *circulation capillaire*, de *nutrition*, de *sécrétion* et de *production de chaleur*. En augmentant ou en diminuant, par les divers états de contraction ou de dilatation des vaisseaux, la vitesse du cours du sang et la tension sanguine, cette portion spéciale du système nerveux (dont l'origine est dans l'axe cérébro-spinal) peut déjà sans doute amener des changements dans les précédents actes de la vie végétative; mais ce système se borne-t-il, en effet, à agir seulement comme régulateur du cours du sang? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire, en particulier, joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait-on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède?

Quoi qu'il en soit, en enlaçant de ses innombrables ramifications l'ensemble du système circulatoire, le grand sympathique exerce son influence non-seulement sur les viscères et les organes de la tête, de la poitrine et de l'abdomen, mais encore, comme l'admettent la plupart des physiologistes, sur les membres eux-mêmes. Toutefois on ne doit pas perdre de vue que, si, dans les parties exclusivement animées par des filets sensitifs et des filets moteurs du grand sympathique, la sensibilité et le mouvement de ces parties ne se maintiennent qu'avec le concours de

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 490.
(2) *Ouvr. cit.*

(*) Consultez aussi sur le rôle du grand sympathique dans la calorification : *Ricerche sulle funzioni del nervo gran simpatico e sulla calorificazione*, dei fratelli Lussana e del Ambrosoli, 1857.

et de la justice. Leibnitz (1) ne connaissait pas la vraie nature du libre arbitre, lorsqu'il a dit : « Donnez à une aiguille aimantée la conscience de ses mouvements, elle pourra croire qu'ils dépendent d'elle-même, ne sentant pas les attractions insensibles de l'aimant terrestre, comme il arrive que les hommes ne sentent pas les influences de leurs perceptions confuses ou appétitions. » Mais à quoi bon examiner longuement et s'attacher à réfuter des sophismes au sujet du libre arbitre? Nous croyons à la liberté humaine, parce que la conscience nous l'atteste : nous ne demandons pas d'autre certitude; s'il s'agissait de la prouver à un sceptique, nous le ferions à la façon de Diogène, qui prouvait le mouvement en marchant.

Des facultés des animaux. — De l'instinct.

Si la psychologie humaine a trouvé des historiens, il n'en a pas manqué à la psychologie des animaux : tels sont Aristote, dans l'antiquité ; Darwin, Réaumur, Condillac, Dupont (de Nemours), G. Leroy, Frédéric Cuvier, etc., chez les modernes. Les animaux, et surtout les animaux domestiques, ont à peu près les mêmes maladies que nous. Toutefois il faut en excepter l'aliénation mentale, contrairement à l'opinion de Pierquin (2), qui regarde le rut comme une aliénation épidémique, la rage comme une folie, et croit qu'on tue comme enragés quelques animaux atteints simplement de lypémanie. Comment admettre l'opinion de ce médecin, d'après laquelle les songes seraient de véritables aliénations, et la folie le rêve d'un homme éveillé, ces maladies ne différant que par l'époque de leur apparition? Il est hors de doute que les animaux éprouvent des sympathies, et surtout des antipathies, même à un degré plus prononcé que l'homme : on ne doit pas en conclure la ressemblance de leurs facultés et du principe qui les anime, les impulsions sympathiques pouvant être considérées comme un produit de l'instinct.

Il y a trois opinions principales sur les bêtes : les cartésiens ne voient en elles que des automates; les scolastiques disent qu'elles sentent et ne pensent pas; d'autres enfin, tels que Condillac, Réaumur, Dupont (de Nemours), G. Leroy, etc., prétendent qu'elles sentent et pensent.

Descartes avait refusé non-seulement la pensée, mais même la sensibilité aux animaux, ne pouvant la concilier avec la matérialité. Buffon, à son exemple, n'attribua aux bêtes qu'un automatisme perfectionné : « La matière, dit-il (3), n'a ni sentiment, ni sensation, ni conscience d'existence; et lui attribuer quelques-unes de ces facultés, ce serait lui donner celle de penser, d'agir, de sentir à peu près dans le même ordre et de la même façon que nous pensons, agissons et sentons. » Cependant Buffon admet une sorte de mémoire, qui consiste dans le renouvellement des sensations ou des ébranlements qui les ont causées : cette mémoire est celle de l'homme endormi. Les rêves, selon cet auteur, sont indépendants de l'âme et résident en entier dans le sens intérieur matériel. « D'où peut provenir, ajoute-t-il, cette uniformité dans les ouvrages des animaux ? Y a-t-il de plus forte preuve que leurs opérations ne sont que des résultats purement mécaniques et matériels ? car s'ils avaient la moindre étincelle de la lumière qui nous éclaire, on trouverait au moins de la variété dans leurs ouvrages... Mais non, tous travaillent sur le même modèle; l'ordre de leurs actions est tracé dans l'espèce entière : il

(1) *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, dans *Œuvres philos.*
(2) *Journal de physiologie expérimentale*, t. X, p. 296.
(3) BUFFON, *Histoire naturelle : De la nature des animaux*. Paris, 1810, t. XXV.

n'appartient pas à l'individu, et si l'on voulait attribuer une âme aux animaux, on serait obligé à n'en faire qu'une pour chaque espèce, à laquelle chaque individu participerait également. »

Mais des esprits aussi éminents que Descartes et Buffon ne pouvaient soutenir, sans restriction aucune, le pur automatisme des bêtes, en présence de tant de faits qui démontrent le contraire. Aussi trouvons-nous le passage suivant dans une lettre de Descartes : « Il faut pourtant remarquer que je ne parle que de la pensée, non de la vie ou du sentiment; car je n'ôte la vie à aucun animal, je ne leur refuse pas même le sentiment, autant qu'il dépend des organes du corps. » Dans son *Discours sur la nature des animaux*, Buffon s'exprime ainsi : « Si je me suis bien expliqué, on doit avoir vu que, loin de tout ôter aux animaux, je leur accorde tout, à l'exception de la pensée et de la réflexion : ils ont le sentiment, ils l'ont même à un plus haut degré que nous ne l'avons; ils ont aussi la conscience de leur existence actuelle, mais ils n'ont pas celle de leur existence passée. Ils ont des sensations, mais il leur manque la faculté de les comparer, c'est-à-dire la puissance qui produit des idées. »

Condillac (1) s'est montré l'adversaire passionné de l'opinion de Descartes et de Buffon, au sujet de l'automatisme des bêtes. Dieu sans doute aurait pu les réduire au pur mécanisme; mais la question est de savoir s'il l'a fait. « Les corps célestes, dit-il, ne choisissent pas leur route : ils obéissent à une impulsion. Les plantes restent attachées au sol : elles ne choisissent pas, elles végètent. Les bêtes veillent elles-mêmes à leur conservation, elles se meuvent à leur gré; elles saisissent ce qui leur est propre, rejettent, évitent ce qui leur est contraire; les mêmes sens qui règlent nos actions paraissent régler les leurs. Sur quels fondements pourrait-on supposer que leurs yeux ne voient pas, que leurs oreilles n'entendent pas; qu'elles ne sentent pas, en un mot?... Il y a donc dans les bêtes autre chose que du mouvement; ce ne sont pas de purs automates, elles sentent... et elles sentent comme nous. »

Condillac ne s'est pas arrêté là. Suivant lui, les bêtes comparent, jugent, éprouvent des sentiments agréables et désagréables, rapportant à leur corps les impressions reçues; elles étudient, quoique sans avoir le dessein d'étudier. Il trace un tableau de fantaisie de leur système de connaissances : tout y dépend du même principe, le besoin; tout s'y exécute par le même moyen, la *liaison des idées*. Il ne leur refuse ni l'imagination, ni l'invention, et il attribue leurs découvertes à l'expérience de chacun. Certains animaux vivent en société; ils ont un langage, mais leur société manque du ressort qui donne tant de mouvement à la nôtre : la parole. En quoi donc les bêtes diffèrent-elles de l'homme? Condillac répond que, dans l'impuissance où nous sommes de connaître la nature des êtres et de marquer à chacun ses limites, « nous ne verrons jamais entre eux que du plus au moins ».

Quoique Réaumur et G. Leroy aient apporté une rare sagacité dans l'observation des mœurs des animaux, ils se rapprochent de Condillac par la nature et l'étendue des facultés qu'ils leur accordent. Ces trois auteurs confondent presque toujours l'instinct et l'intelligence. Il ne faut pas se contenter, d'après Condillac, de regarder l'instinct comme un principe qui dirige l'animal d'une manière tout à fait cachée; *l'instinct n'est qu'une habitude privée de réflexion*. Du reste, la plu-

(1) *Traité des animaux*. Paris, 1755.

part des savants ont commis la même confusion jusqu'à Frédéric Cuvier (1). Ce naturaliste, ayant remis la question à l'étude, l'a traitée avec une netteté et une précision qu'on ne trouve dans aucun de ses prédécesseurs. Il établit que les facultés des animaux s'exercent ou conditionnellement, c'est-à-dire en se conformant aux circonstances dans lesquelles les espèces se trouvent placées : ce sont, dit-il, les *facultés cognitives ;* ou bien qu'elles s'exercent impérativement et sous une condition indépendante de la volonté des êtres qui leur obéissent : ce sont les *facultés instinctives*, ou les instincts. L'instinct, pour Frédéric Cuvier, est une force positive et propre comme la sensibilité, comme l'irritabilité, comme l'intelligence; on ne fera aucun progrès dans la connaissance des animaux, tant qu'on n'aura pas fixé les bornes de leurs qualités originelles, et posé nettement la distinction de l'instinct et de l'intelligence. Tout dans l'instinct est aveugle, nécessaire et invariable ; tout dans l'intelligence est électif, contingent et modifiable. L'enfant tette en venant au monde, sans l'avoir appris, par une force aveugle. C'est par instinct que le chien enfouit dans la terre les restes de son repas, que le castor bâtit une hutte, que le lapin se creuse un terrier, que l'oiseau se construit un nid, etc. Toutes ces actions sont aveugles, nécessaires, et dans ce qu'elles ont d'essentiel, elles sont toutes invariables. Un autre caractère de l'instinct, c'est de croître à mesure que l'intelligence décroît d'une classe à l'autre. Frédéric Cuvier est loin d'admettre, avec Condillac, que l'instinct naisse de l'habitude : celle ci consiste en ce que l'acte corporel, par lequel s'opère une action, finit par se reproduire sans le concours de l'acte intellectuel, qui primitivement était nécessaire ; or, c'est le contraire de l'instinct.

Aristote et Buffon avaient reconnu que les animaux sont privés de réflexion ou de cette faculté de considérer intellectuellement, par un retour sur eux-mêmes, leurs propres modifications. Suivant Frédéric Cuvier, ils ignorent même qu'ils reçoivent l'impression des corps extérieurs, qu'ils pensent, qu'ils agissent. La réflexion est donc un caractère qui distingue l'homme des animaux. Un second caractère non moins tranché, c'est la *liberté* dans le vrai sens de ce mot. Frédéric Cuvier croit pourtant reconnaître en eux un certain degré de liberté et de réflexion. On voit, il est vrai, des animaux incertains sur leurs actes, se décider ensuite avec hésitation ; mais là n'est pas le libre arbitre : il consiste dans la faculté de faire ou de ne pas faire, quels que soient les motifs et les passions qui nous poussent. Les animaux, contrairement à l'homme, ne se décident que par des motifs qui leur commandent impérieusement et leur ravissent toute liberté morale.

Il est évident que les animaux d'un ordre supérieur jouissent comme l'homme de la sensibilité physique, ou de la faculté de ressentir le plaisir et la douleur. Ils reçoivent par les sens des impressions sans doute semblables aux nôtres, dont ils forment quelques associations; mais il paraît difficile d'admettre, avec Frédéric Cuvier, qu'ils en déduisent des jugements. On ne saurait leur refuser la mémoire, mais leur mémoire est bornée aux choses contingentes; on pourrait l'appeler mémoire matérielle, toute autre leur est refusée. Condillac, Réaumur, G. Leroy, Dupont (de Nemours) prétendent que les bêtes réfléchissent sur leurs actes, et qu'elles ont une sorte de liberté. Il est vrai que les instincts sont, en général, plus développés, plus actifs, plus sûrs dans certains animaux que chez l'homme ; quelques-uns mêmes, celui des migrations, par exemple, leur sont exclusivement

(1) Art. INSTINCT (*Dict. des sc. nat.*). — *Sur l'instinct et l'intelligence des animaux* (Résumé analytique par Flourens, dans *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. XII, p. 235).

propres. Ils partagent avec l'homme certaines passions, la colère, la jalousie, l'attachement. Mais ils sont complétement étrangers aux sentiments qui puisent leur source dans la conscience, et à tous les mouvements qui se fondent sur la liberté morale. En traitant de l'origine des idées, nous parlerons de celles que les philosophes nomment *nécessaires;* aucune de ces idées, véritables créations de la conscience, de la raison, de l'âme, n'est le partage des animaux, et, sous ce rapport, l'homme diffère plus encore de la brute que son noble visage ne diffère du masque hideux de l'orang-outang. Plus loin, nous hasarderons avec Foissac (1) quelques conjectures sur le principe de leurs facultés.

De l'origine des idées. — De la raison. — De la conscience.

Les philosophes du dernier siècle ont fait de l'origine et de la formation des idées leur champ de bataille et le nœud gordien de la psychologie. D'où viennent les idées, de combien de sources différentes dérivent-elles et par quels procédés les formons-nous? C'est principalement sur cette question que deux systèmes essentiellement distincts partagent les philosophes : l'empirisme d'une part, et le rationalisme de l'autre. Les sensualistes supposent que le cerveau de l'homme est une table rase, *tabula rasa* d'Aristote, un bloc de marbre où la nature n'a gravé aucun signe, aucune empreinte. Le résumé de cette doctrine est l'axiome de l'école attribué à Aristote : *Nihil est in intellectu quod non priùs fuerit in sensu.* D'après eux, toutes les idées nous viennent de l'expérience et par les sens. Quant aux idées abstraites et aux notions générales, l'esprit les compose de matériaux préexistants, mais provenant de la même source. Il n'a point la capacité de les produire spontanément : il a celle de les recevoir, de les combiner, et d'en former des jugements, des raisonnements. L'esprit ne trouve rien en lui, son rôle se borne à élaborer les impressions venues du dehors. Locke en Angleterre, Condillac en France, sont les deux représentants de cette doctrine qui compte un grand nombre de partisans. Ils ne font grâce ni aux mathématiques, ni aux lois morales, ni à la notion d'une cause première, de l'Être suprême; pour eux, tout relève de l'expérience. Le premier livre des *Essais* de Locke est consacré à réfuter la doctrine de l'innéité des idées. Il paraît contradictoire à ce philosophe de supposer que certains principes, certaines vérités soient gravés dans l'entendement, sans que l'entendement les aperçoive, par exemple les mathématiques et toute notion métaphysique. Quant aux idées universelles, il prétend que tous les hommes les possèdent, parce que tous ont le sens par lequel elles arrivent à l'esprit; par conséquent, dit Locke, elles sont acquises.

Pythagore et Platon chez les anciens, Descartes et Leibnitz chez les modernes, les philosophes de l'école écossaise, Royer-Collard, Cousin et presque toute l'école éclectique française, sont, à divers titres, les représentants du rationalisme, et plus ou moins défenseurs de l'innéité. Aucun d'eux, assurément, ne prétend que les sens ne soient pas une source abondante d'idées. Nier la matière, à l'exemple des pyrrhoniens et des spinosistes, n'est pas le propre d'un esprit sain, c'est un genre d'aberration philosophique qui mérite d'être classée par les aliénistes. La couleur des corps avec ses innombrables variétés, leur situation dans l'étendue, leurs formes diverses; le son avec ses phénomènes et les différences d'intensité, de

(1) *Ouvr. cit.*

timbre, de tonalité, d'articulation; les odeurs et les saveurs; les modifications et les états de l'air, agitation, repos, chaleur, froid, humidité, sécheresse; en un mot, la notion du monde extérieur, visible et tangible, nous vient évidemment par les sens. Descartes appelle *factices* ou *adventices* les idées qui en naissent; elles ont reçu des philosophes le nom de *contingentes*, par opposition aux idées *nécessaires*. Dans la langue philosophique, le contingent est ce qui existe, mais qui n'a pas en soi la raison de son existence, et qui pourrait ne pas être. Les traits communs de toute notion contingente sont le fini, l'imparfait, le variable. Le caractère propre de l'expérience, c'est de ne jamais saisir que le contingent.

Y a-t-il dans la nature autre chose que le contingent, le fini, l'imparfait, le variable? Y a-t-il dans l'homme une faculté capable de concevoir d'autres notions que celles dont l'expérience est la source et le moyen? Poser ces questions, c'est les résoudre. L'homme voit un corps dans l'espace; ce corps pourrait ne pas exister, mais non l'espace. Quelque étendue que je suppose à celui-ci, mon esprit ne lui trouve ni limites, ni fin; de là aussi la notion de l'immensité, de l'infini. Il en est de même du temps, *image mobile de l'immobile éternité* (Platon). Pareils aux corps dans l'espace, les événements qui sont dans le temps passé, présent, à venir, pourraient ne pas avoir été, ne pas être : mais la durée, que je l'appelle temps ou que je lui donne ce nom terrible, *éternité*, la durée n'est pas l'ouvrage de la main des hommes, elle ne dépend ni de la sensation, ni de l'expérience; on ne peut jamais supposer qu'elle n'existe pas. Les anciens avaient personnifié cette vérité métaphysique par la création du *temps*, auquel ils supposaient que les dieux mêmes étaient soumis, et par l'idée du *destin*, ou vérité immuable qui dominait même la puissance et la volonté du maître de l'univers.

Quelle est la faculté qui donne à l'homme la notion du nécessaire, de l'absolu, de l'infini? La *raison*. Ces idées sont-elles aussi évidentes, aussi certaines que les notions contingentes? Elles ont, pour ainsi dire, un degré de plus d'évidence et de certitude; car les sens ne sont pas exempts d'erreurs, la nature des connaissances qu'ils nous procurent est variable et mobile. Les idées de ce monde harmonieux qui se révèlent à la raison sont immuables et absolues. Que les corps célestes, l'organisation, l'homme disparaissent, elles n'en existent pas moins. De là provient le caractère d'absolu et d'évidence des sciences fondées sur les mathématiques; elles ont en elles leur raison d'être, elles ont une valeur intrinsèque, immuable; « et tandis que l'expérience, cette maîtresse de la vie, amasse lentement autour d'elle, à l'aide des sens, *ces outils de l'âme*, le trésor des sciences contingentes et de la nature créée, la raison ne tire ses principes que de la conscience, de la réflexion, de l'esprit (1). » Les hommes vulgaires ont remarqué, sans les comprendre, les prétendues distractions des mathématiciens et des profonds penseurs, lorsque ceux-ci étudient en eux-mêmes les vérités qu'ils chercheraient en vain dans le monde : tels furent Euclide, Archimède, Pascal, Ampère, etc. Les anciens disaient : « Ferme les yeux et tu verras » ; et Newton répondait qu'il avait trouvé le système du monde en y pensant toujours.

Les idées nécessaires ne sont connues que par la raison, et tirent leur origine de la *conscience*. La conscience (*vis suî conscia*) n'est point une faculté de l'âme : supérieure même à la raison, apanage exclusif de l'humanité, elle est le foyer où vont aboutir sensations et pensées, cette force qui sait le pouvoir dont elle dispose;

(1) Cardinal D'OSSAT.

elle est ce moi juge suprême de sa propre existence. « Il fallait, avant tout, que l'homme ne s'ignorât pas lui-même, lui acteur responsable dans le drame de la création (1). »

La conscience est, à l'exclusion des sens, la source des idées nécessaires; ce sont elles que les rationalistes appellent les idées innées : « Lorsque je dis (Descartes) que quelque idée est née en nous, ou empreinte naturellement dans nos âmes, je n'entends pas qu'elle se présente toujours à notre pensée; mais j'entends seulement que nous avons en nous-mêmes la faculté de les produire. » Le même auteur, parlant de l'idée de l'infini et du parfait, ajoute : « Dieu l'a imprimée en moi comme le sceau de l'ouvrier sur son ouvrage. »

Les principes des mathématiques, les notions de l'espace et du temps, les idées d'unité, de cause première vers laquelle l'enchaînement des causes secondes fait nécessairement remonter, s'imposent à la volonté par le témoignage de la raison et de la conscience, et, à peine de révolte contre elles, il faut les accepter; si les principes qu'elles représentent pouvaient n'être pas, le monde serait la vraie représentation de l'informe chaos des poëtes. C'est d'eux surtout qu'on peut dire avec Fontenelle : Une vérité est connue dès qu'elle est nommée. Platon, dans sa haute intelligence, soutenait que l'âme avait habité un autre monde avant de venir en celui-ci, et qu'en apprenant elle ne faisait que se ressouvenir. Les stoïciens appelaient ces idées *notions communes*, pour enseigner que le Créateur les avait départies à toutes les intelligences. Scaliger enfin voyait, dans les idées nécessaires, *semina æternitatis*, des germes, des semences de l'éternité.

De la nature du principe pensant.

Tout en consacrant quelques pages à l'analyse des facultés intellectuelles, la plupart des physiologistes se sont abstenus d'examiner, même brièvement, quelle est la nature du principe pensant dans l'homme? Faire provenir les phénomènes intellectuels et moraux de la sensibilité physique, parler du cerveau comme de l'organe immédiat qui les accomplit, tout en réservant les droits d'une âme spirituelle qu'on abandonne aux métaphysiciens, c'est poser des prémisses sans conclusion. Pour nous, sans prétendre expliquer ce qu'il nous sera sans doute éternellement refusé de connaître, nous dirons sur le problème qui nous occupe toute notre pensée, sans réticences et sans ménagement.

Il ne peut exister que deux suppositions sur la nature du principe pensant : matière ou esprit, l'une sujette à la destruction, l'autre impérissable. Tous les moyens termes, quelque subtils qu'ils soient, épicuréisme, spinosisme, panthéisme, sensualisme, idéalisme, spiritualisme, viennent se confondre dans ces deux opinions. « Qu'importe que les épicuriens admettent une âme raisonnable formée des atomes les plus polis et les plus parfaits, si cette âme meurt avec les organes, ou si du moins les atomes qui la forment se désagrégent et retournent à l'état élémentaire? Qu'importe que Spinosa et les panthéistes reconnaissent qu'un Dieu vit en moi, que mon âme est une parcelle du grand tout? Je ne conçois d'âme qu'avec le caractère d'unité indivisible, et la conservation de l'individualité, du moi. Si mon âme, après avoir senti, souffert, pensé, aimé, espéré, va se perdre dans cet océan fabuleux appelé l'âme du monde, le moi se dissout et s'évanouit : c'est l'effacement

(1) AMÉDÉE JACQUES, *ouvr. cit.*

et la mort de mes affections, de mes souvenirs, de mes espérances; c'est l'abîme des consolations de cette vie et le vrai néant de l'âme (1). »

Sur quelles raisons se fondent certains philosophes pour attribuer la pensée à l'organisation ? Il y a près de deux mille ans, Lucrèce les résumait avec une grande force dans son poëme *De natura rerum* (2).

Ainsi que le soutient le philosophe épicurien, le corps et l'âme paraissent naître, croître, vieillir ensemble. On trouve, dans les phénomènes de la maladie, de nouveaux arguments à l'appui de cette doctrine : quelquefois une fièvre subite voile l'intelligence, ravit la volonté, la raison et jusqu'à la conscience; que le mouvement fébrile cesse, la pensée reprend son empire et sa clarté. Dans l'idiotisme, dans l'aliénation, dans la démence, l'entendement peut nous être enlevé pour toujours. Quelle en est la cause ? Dans les neuf dixièmes des cas, une lésion de la substance cérébrale. Les blessures, les coups, les chutes, le brisement des os du crâne, révèlent une relation intime entre les désordres organiques et les troubles de l'intelligence : on voit un épanchement de sang, de pus ou de sérosité, ravir l'exercice de toutes les facultés, perception, mémoire, etc., et jusqu'au sentiment du moi. « Dès que je sus par la chirurgie, dit Broussais dans son testament, que du pus, accumulé à la surface du cerveau, détruisait nos facultés, et que l'évacuation de ce pus leur permettait de reparaître, je ne fus plus maître de les concevoir autrement que comme des actes d'un cerveau vivant, quoique je ne susse ni ce que c'était qu'un cerveau, ni ce que c'était que la vie. » Durant le sommeil, dans la lipothymie, pendant un accès épileptique, l'intelligence s'arrête et se suspend. Il en est de même par l'effet du narcotisme et des boissons enivrantes : non-seulement l'esprit s'égare, mais quelquefois le poison donne une conscience factice, celle d'une vie imaginaire où toutes les notions du temps et de l'espace sont bouleversées. Les vices de conformation du crâne et du cerveau, certains rapports entre le volume, la configuration de l'encéphale et la perfection de l'intelligence, et enfin l'hérédité des penchants et des facultés dans certaines familles, ont paru des arguments irréfragables en faveur de l'opinion qui attribue à la matière les diverses manifestations de la pensée.

Il ne faut pas trop s'étonner si, frappés de cet ensemble de preuves, des physiologistes ont considéré le cerveau comme une glande sécrétoire dont le mécanisme ne serait ni plus compliqué ni plus merveilleux que celui du foie ou du pancréas : « Pour se faire une idée juste des opérations dont résulte la pensée, dit Cabanis (3), il faut considérer le cerveau comme un organe particulier, destiné spécialement à la produire, de même que l'estomac et les intestins à opérer la digestion, le foie à filtrer la bile, les parotides et les glandes maxillaires et sublinguales à préparer les sucs salivaires. Les impressions, en arrivant au cerveau, le font entrer en activité, comme les aliments, en arrivant dans l'estomac, l'excitent à la sécrétion plus abondante du suc gastrique et aux mouvements qui favorisent leur propre dissolution. » On s'est appuyé encore de l'opinion du sage et religieux Locke, qui, dans son

(1) Foissac, *ouvr. cit.*

(2) *Propterea gigni pariter cum corpore et una*
Crescere sentimus, pariterque senescere mentem.
Post ubi jam validis quassatum est viribus ævi
Corpus, et obtusis ceciderunt viribus artus,
Claudicat ingenium, delirat linguaque mensque.

(3) *Rapports du physique et du moral de l'homme.* — Second mémoire : *Histoire physiologique des sensations.*

Essai sur l'entendement humain, avance que le Créateur, dans sa puissance infinie, a pu rendre la matière pensante : « Pourquoi, fait observer Locke, multiplier les êtres et les espèces sans nécessité ? Nous ne connaissons pas assez les propriétés de la matière pour être en droit d'assurer que la faculté de penser ne fait point partie de ses propriétés inconnues. Prétendre que Dieu ne peut donner à la matière la faculté de penser, c'est mutiler et restreindre la puissance infinie du Créateur. » Locke, et Charles Bonnet après lui, font un appel aux vérités de la religion : « La mort, dit celui-ci (1), ne serait-elle point pour l'homme une préparation à une sorte de métamorphose qui le ferait jouir d'une nouvelle vie ? L'amour de notre être nous porte à le souhaiter, la raison nous le rend probable, la révélation nous le persuade. »

Les preuves métaphysiques de la spiritualité de l'âme, accumulées dans les ouvrages de Platon, de Descartes, de Bossuet, et des philosophes de notre siècle, nous ont toujours paru assez fortes pour entraîner la conviction, alors même que nous serions dans l'impuissance de répondre à tous les arguments de ses adversaires. Mais ces preuves ne sont pas les seules, et, loin de les détruire, l'observation, ce guide si sûr du sensualisme, les confirme. On n'a jamais nié la solidarité des organes sains et d'une intelligence saine, *mens sana in corpore sano;* mais cette dépendance si naturelle n'est pas tellement absolue qu'on ne trouve de nombreux exemples du contraire : on voit de frêles enfants étonner par la précocité de leur raison et l'étendue de leur esprit, des vieillards caducs et voisins de la tombe conserver intacts le jugement, la mémoire, le feu du génie, l'ardeur du courage. Il y a peu d'années, le professeur Lordat a écrit un traité remarquable sur l'*insénescence du sens intime* chez les vieillards. La folie s'accompagne souvent d'une lésion appréciable des centres nerveux ; mais que dirons-nous des cas où Esquirol et les auteurs les plus consciencieux affirment n'avoir trouvé aucun vestige d'altération dans le cerveau ? Les annales de la science nous fournissent, en assez grand nombre, des faits parfaitement observés d'altérations profondes de la substance cérébrale, sans que, pendant la vie, on eût remarqué le plus léger trouble de l'intelligence. On a vu des portions de cerveau enlevées, des balles traverser

S'il est localisé, il a donc de l'étendue, des parties; et dès lors que devient l'unité, principe essentiel de la spiritualité? L'union de la matière et d'un esprit est-elle possible!

La réponse à ces difficultés, quelque graves qu'elles paraissent, n'est pas impossible, quoique toute explication de phénomènes qui touchent aux causes premières laisse immensément à désirer. Il est inutile de rappeler combien de phénomènes, dans l'ordre de la nature, échappent à la faiblesse de notre esprit : nous ne savons comment, en plaçant dans des conditions bien connues un acide et une base, il se forme un sel, un cristal; comment, en déposant un grain de blé dans la terre, il pousse un épi; et cependant personne ne nie la cristallisation, la germination. L'affinité et le mouvement, en physique, ne sont-ils pas aussi incompréhensibles que la vie? La vie, n'est-elle pas aussi inexplicable que la pensée? Et pourtant, ces faits si merveilleux, personne ne les révoque en doute; bien plus, personne ne les admire : la nature nous montre ses œuvres avec tant de profusion, que nous passons à côté sans daigner leur jeter un regard, et les miracles journaliers cessent de l'être pour notre admiration rassasiée.

Les philosophes ont prétendu que l'esprit ne peut agir sur le corps, le corps sur l'âme, que l'esprit ne connaît que lui et ses idées, que les objets matériels lui échappent, etc. Sans nous arrêter à toutes ces subtilités, aux doctrines de Spinosa, de Malebranche et de Leibnitz, nous répéterons avec le P. Buffier (1) : « Si l'on me demande en quoi consiste cette connexion si étonnante, je n'en sais rien, et je ne puis y pénétrer. Ceux qui ont entrepris de le faire, ont montré quelquefois de l'esprit, sans rien dire de solide sur ce point. » « Comment cette volonté opère, dit Amédée Jacques (2), je l'ignore; je sais seulement qu'elle opère, le reste est le secret de Dieu, ou plutôt il n'y a pas de secret. Dieu m'a doué de cette puissance efficace, et il est probable qu'il n'y a employé ni moyen ni détour; il a voulu que je puisse mouvoir mon bras, et c'est assez qu'il l'ait voulu pour que je le puisse. »

Toutes les tentatives pour trouver le siége de l'âme ont été vaines. Descartes, après avoir posé, avec tant de génie et d'autorité, les principes de la philosophie spiritualiste, a logé l'âme dans la glande pinéale. Lapeyronie la plaçait dans le *septum lucidum;* Charles Bonnet, dans une partie du cerveau, sans savoir laquelle; Lancisi a écrit un traité intitulé : *De sede cogitantis animæ*, sans être plus heureux dans ses appréciations. Imitons la sagesse et la modestie de Haller, qui, après tant de recherches, écrivait que l'anatomie est muette sur le siége de l'âme. Ajoutons encore qu'Hippocrate en avait une idée plus juste que tous les localisateurs, en la définissant : *Spiritum tenuem per corpus dispersum.*

Quelques philosophes, assimilant les facultés des animaux à celles de l'homme, demandent à quel principe elles doivent leur origine : ils prétendent que ce principe est le même chez les bêtes et dans l'espèce humaine, les seules différences provenant de la perfection relative des sens et du système nerveux.

Les anciens avaient puisé, dans l'initiation aux mystères de l'Égypte et de l'Inde, l'opinion de la transmigration des âmes, et généralement ils en attribuaient une aux bêtes. Après avoir élevé les animaux jusqu'à l'homme, Condillac a été néces-

(1) *Traité des vérités premières*, p. 168.
(2) *Ouvr. cit.*

sairement conduit à se prononcer sur le principe qui les fait agir, et sur la responsabilité de leurs actes; il leur accorde une âme simple comme celle des hommes, et pourtant mortelle, Dieu ne leur donnant pas l'immortalité parce qu'il ne la leur doit pas. L'un de ses disciples, Charles Bonnet, ne met point en doute que l'âme des bêtes ne soit entièrement semblable à la nôtre, et il soutient que combattre son immortalité, c'est porter atteinte au dogme de l'immortalité de l'âme humaine. Quoique la supposant simple, Charles Bonnet se demande de quel côté reste l'âme dans un animal coupé en deux parties qui continuent à vivre l'une et l'autre. « Dans ce cas, dit-il, l'âme reste du côté du cerveau; il se développe de l'autre une âme qui était en germe, et qui acquiert toute sa force quand le cerveau s'est formé. » On trouve une opinion semblable dans l'ouvrage de physiologie de J. Müller (1) : « Le principe vital, l'âme d'un animal, sont inhérents à la matière des êtres organisés, mais sans être composés de parties, et ils sont susceptibles de division comme cette matière, sans que leur puissance subisse par là aucun changement. » L'opinion de Leibnitz n'est pas moins curieuse : il croit que l'âme des bêtes est indivisible comme notre esprit; mais là commence une grande difficulté sur l'origine et la durée de ces âmes; il doute si elles ne vont pas de corps en corps, et si, créées avec le monde, elles ne durent pas autant que lui. Il est donc conduit à nier que l'animal meure (même quand il se décompose et se putréfie); ayant toujours été vivant et organisé, il le demeure toujours. On voit, par ces citations abrégées, qu'à l'exemple des peintres et des poëtes, les philosophes ont tout osé : c'est aux physiologistes à donner l'exemple de la sagesse, et à savoir, à défaut de certitude, s'appuyer sur l'analogie et la vraisemblance.

Nous sommes trop profondément frappés de la distance infranchissable qui sépare l'homme des brutes pour admettre de l'analogie entre le principe de leurs actions et de leurs facultés. Les corps inertes sont sous l'empire des lois physiques; mais déjà l'aimant révèle dans la matière une propriété assez merveilleuse pour que les anciens lui aient donné le nom d'âme. La cristallisation semble d'ailleurs une transition aux propriétés nouvelles que nous rencontrons dans le règne des plantes. Les merveilles de la germination, de la fructification, une sorte de tact

que les siens : les oiseaux de proie ont même la vue, l'ouïe, l'odorat plus étendus et plus fins. Il est vrai qu'aucun, pas même l'éléphant, ne possède le tact à un tel degré de perfection ; aussi Galien, Buffon et leurs partisans ont-ils établi sur cette perfection la supériorité intellectuelle de l'homme. Il y a longtemps que Gall a réfuté ces sophismes, et prouvé que les sens ne font naître aucune faculté, aucun penchant ; il l'a fait avec un talent d'observation et une force de raisonnement qui ne laissent matière à aucun doute.

Il n'existe dans l'homme aucun organe essentiel, aucun nerf important qu'on ne trouve chez les animaux supérieurs au même degré de développement : le cerveau lui-même ne fait pas exception, quoique Gall ait prétendu que celui des animaux n'est qu'un cerveau tronqué. Qu'on lise, en effet, sans passion et sans idée préconçue les recherches de Desmoulins, Gall, Spurzheim, Spix, Lélut, Leuret, Parchappe, etc., sur le volume et la configuration de l'encéphale dans leurs rapports avec l'intelligence, » on reconnaîtra, d'après la juste remarque de Foissac (1), qu'en sortant des généralités pour apprécier avec rigueur les résultats de l'observation, on éprouve un obstacle insurmontable à formuler une loi à travers les mailles de laquelle ne s'échappent point de nombreuses contradictions. Sous le rapport organique, sans doute l'homme est le privilégié de la création, et cela devait être, car tout a une fin. Il y a un rapport harmonieux entre l'âme et le monde, entre chaque faculté et les choses du dehors. Mais qu'on se garde de chercher la raison de cette suprématie dans les secrets de l'organisme. L'encéphale du dauphin et de l'éléphant est plus volumineux que celui de l'homme ; que dirons-nous de la force de ce dernier quand on considère celle des taureaux et des lions, de sa vue comparée à celle de l'aigle ? L'homme enfin est privé de quelques organes, des ailes, par exemple, qui ont créé les oiseaux rois de l'air, rivalisant avec la vitesse des vents, et auxquelles il n'a pu suppléer ni par l'invention avortée des aérostats ni par les ailes de fer de la vapeur.

» Que l'on accorde aux animaux une sensibilité analogue à celle de l'homme, une mémoire bornée aux choses *contingentes*, consistant plutôt en renouvellement de sensations et d'images qu'en reproduction d'idées, qu'on leur accorde l'instinct si varié et si fécond en merveilles dont la cause nous est inconnue ; sur ces divers points il n'y a aucun dissentiment parmi les philosophes. Mais, en dehors de ces propriétés, de ces forces, de ces penchants, combien trouvons-nous de facultés spéciales dévolues exclusivement à l'homme ! Et d'abord la conscience, le sentiment de l'individualité, le *je*, le *moi*, premier attribut de l'âme humaine, dans laquelle naissent et se développent les idées *nécessaires* qui n'empruntent rien au monde matériel, à qui les sens n'apportent rien ; ensuite la volonté, ce pouvoir d'agir librement, de faire ou de s'abstenir, de sacrifier sa vie par dévouement à la patrie, à l'honneur, de se tuer volontairement, ce qui faisait dire à Bossuet : « Dieu a » respecté l'épouvantable liberté de l'homme. » Jamais animal n'a commis un suicide. Les stoïciens prétendaient même qu'à cet égard l'homme est supérieur aux dieux, car il a la liberté de s'ôter une vie devenue insupportable, tandis que les dieux sont enchaînés par le destin à leur immortalité. A côté de la conscience et de la volonté se place une faculté dont on ne trouve aucun vestige dans les actes des animaux les plus parfaits, la *raison*. « Ce génie que Dieu a donné à chacun de » nous pour chef et pour maître, émanation de Dieu même, dit Marc-Aurèle, c'est

(1) *Ouvr. cit.*

« notre raison. » C'est elle, en effet, qui guide sûrement l'esprit dans les profondeurs des sciences immuables; la conscience, dans le sanctuaire des lois morales, leur révélant ainsi les desseins de l'éternité, et leur découvrant que l'homme est en quelque sorte le chaînon d'or jeté entre la création et le Créateur.

» Et maintenant, continue Foissac, que l'on jette un regard sur les ouvrages sortis des mains de l'homme, sur les progrès et les découvertes dus à son génie : sous quels rapports peut-il être comparé aux animaux? Divers auteurs ont parlé avec admiration de leur langage, si toutefois on peut donner ce nom à un bruit confus, à des cris inarticulés, expression animée de leurs besoins et de leurs passions. En quoi raisonnablement voudrait-on l'assimiler à la parole, ce puissant ressort de nos progrès et de notre civilisation? L'invention des langues est une de ces œuvres que l'on pourrait appeler divines, tant elle est merveilleuse et surnaturelle. Chez tous les peuples, on a vu la perfection d'une langue devenir le mobile fécond de son avancement et de sa supériorité. L'homme essaya d'abord de conserver le dépôt des notions acquises, et de rendre immortelle la vie éphémère des peuples ou des héros par la tradition orale, une sorte de mémoire perpétuée dans les générations par les monuments et les signes hiéroglyphiques. Mais combien étaient incertains et fragiles ces monuments de la tradition! Que de siècles sont morts emportant avec eux dans l'abîme de leur tombe l'histoire des faits qui les ont traversés! Que de grandes pensées, d'actions sublimes, de généreuses aspirations, que de crimes, de souffrances, de larmes sont ensevelis sous des ruines muettes, sous une poussière aujourd'hui sans nom et sans écho! Puis vinrent les lettres phéniciennes, l'une de ces inventions semées sur la route du temps comme un fanal pour éclairer les peuples; l'imprimerie enfin, qui est le couronnement de cette découverte, et sans laquelle il devenait presque impossible de mettre à la portée de tous les traditions de l'histoire et les secrets des sciences. On dirait que, pareil à un instituteur habile accommodant ses leçons aux progrès de la raison de ses jeunes pupilles, Dieu conduisait l'humanité, sa fille sur la terre, par des voies successivement agrandies, livrant avec ménagement les secrets de la nature féconde à l'enfance des peuples, et réservant pour l'âge de leur virilité les découvertes qu'il faisait germer dans le génie des hommes. Ah! si l'on réfléchit à ce qu'il a fallu d'intelligence et de travail pour découvrir les arts usuels, la fonte des métaux, la mécanique, la navigation, l'astronomie, etc., on reste confondu d'admiration, et l'on se demande comment il a pu se trouver des philosophes égarés par l'esprit de système au point de comparer l'homme à cette classe d'êtres dépourvus de raison, qui, depuis la création jusqu'à nous, n'ont rien inventé, rien changé à leurs premières habitudes, à leurs instincts, et qui transmettent dans la suite des siècles leur uniforme vie et leur éternelle immobilité. »

DU SOMMEIL.

A partir du moment de la naissance, notre existence est assez inégalement partagée en deux états bien différents : l'état de veille et l'état de sommeil. Du premier on a voulu faire la vie réelle; on a comparé le second à la mort, que l'on a appelée du nom de sommeil éternel. De là vient que, prenant pour norme la veille, on s'est péniblement évertué à expliquer pourquoi survenait le sommeil, quels étaient son but, son origine et sa terminaison. Mais, que ne s'est-on donné la

même peine pour expliquer la veille, qui n'est pas plus l'état normal de l'existence que le sommeil?

L'homme dort et veille. Comment s'endort-il? comment dort-il? comment s'éveille-t-il? Telles sont les principales questions que comprend l'étude du sommeil. Quant à l'explication des phénomènes qui s'y rapportent, l'extrême difficulté d'en donner une bonne sera bientôt démontrée par l'exposé succinct des diverses théories qu'on a successivement émises.

I. Mais, d'abord, qu'est-ce que le sommeil? Est-ce un état négatif seulement? Si, comme on a cru devoir l'avancer, le sommeil est un état primordial qui précède la naissance, on ne peut l'expliquer, le définir par la veille, qui ne survient qu'après lui. Grimaud (1), Brandis (2), Fessel (3), Buffon (4) et beaucoup d'autres, n'hésitent pas à considérer l'état de sommeil comme le type, comme la condition élémentaire de l'organisme. Cette manière d'exister ne saurait d'ailleurs être absolument passive, si, pendant qu'elle dure, le fœtus acquiert son entier développement. Mais, sans nous transporter à ce sommeil intra-utérin, dont assurément il serait bien permis de contester l'analogie, la similitude avec le sommeil proprement dit, est-ce donc un état passif celui pendant lequel tous nos organes acquièrent une énergie nouvelle, et dans lequel certaines facultés conservent l'activité qu'elles possédaient durant la veille? De cette considération, il résulte qu'on ne saurait admettre les théories du sommeil qui font intervenir, dans la définition de cet état, un élément négatif quelconque. Ainsi, d'après Broussais (5): « Le sommeil se manifeste par la *cessation* des fonctions des sens, de celles des muscles soumis à la volonté et par l'*abolition* des facultés intellectuelles et affectives. » Mais un pareil sommeil n'existe pas, il est impossible; car ce sommeil ne pourrait pas cesser, il serait éternel, ce serait la mort, ou du moins un état pathologique grave bien distinct du sommeil physiologique : pour que le réveil soit possible, il faut qu'aucune faculté ne soit abolie.

On ne peut davantage admettre que, dans son sommeil, l'homme soit un animal moins parfait que dans l'état de veille (6); car, comme animal, il reste ce qu'il est pendant la veille, aucun changement matériel ne survient qui soit de nature à altérer sa perfection.

« Le sommeil, dit Cabanis (7), n'est pas un état purement passif, c'est une fonction particulière du cerveau qui n'a lieu qu'autant que, dans cet organe, il s'établit une série de mouvements particuliers, et leur cessation ramène la veille ou les causes extérieures du réveil la produisent immédiatement. » Il ne faudrait pourtant pas aller trop loin dans cette voie, et ce serait tomber dans un excès fâcheux que de vouloir, avec Friedlœnder (8), faire du sommeil « la fonction d'un organe spécial, dont la polarité produirait une polarité adynamique de l'organe de l'intuition intérieure ».

Beaucoup de physiologistes admettent que les meilleures définitions du sommeil

(1) *Cours complet de physiol.*, t. II, p. 298.
(2) *Lehre von den Affecten des lebendigen Organismus*, p. 538.
(3) *Dissert. de somni vigiliarumque notione et discrimine*. Berlin, 1828.
(4) *Hist. nat.*, t. IV.
(5) *Physiol. appliquée à la pathologie*, t. I, p. 242.
(6) DARWIN, *Zoonomie*, t. I, p. 344, trad. franç.
(7) *Rapports du physique et du moral. — Influence du régime*, § XV.
(8) *Versuch über die innern Sinne und ihre Anomalien*, p. 361.

sont encore celles qui résultent de cet aphorisme d'Hippocrate : « *Motus in somno intro vergunt* » ; de cette phrase de Buffon (1) : « C'est une façon d'exister tout aussi réelle et plus générale qu'aucune autre ; tous les êtres organisés qui n'ont point de sens existent de cette façon » ; de l'opinion de Brandis (2), qui le considère comme un état qui nous replonge dans la vie fœtale, et de Fessel (3), qui prétend que la veille dégage l'âme des chaînes de la vie physique.

Burdach (4) admet aussi que « de même que le sommeil des végétaux est un retour de la plante développée vers l'état embryonnaire, par la cessation de l'antagonisme entre la tige et la racine, et par la soumission à l'empire exclusif de la vie radiculaire ; de même aussi, chez l'homme, le sommeil est la racine de la vie animale et la fusion des vies morale et physique. »

En réalité, dans le sommeil, toutes les fonctions essentielles continuent à s'exercer, toutes les facultés conservent leur existence, mais elles se manifestent plus ou moins, suivant que le sommeil est plus ou moins profond. Le corps de l'homme endormi n'a pas autant à lutter contre le monde extérieur, de là moins de mouvements ou un repos presque absolu ; l'esprit, dans le sommeil, n'a plus à recevoir les impressions du dehors, de là cette fraîcheur des idées, cette vivacité de l'imagination qui ne se heurte pas aux obstacles de la vie matérielle, etc. Le sommeil semble être un état dans lequel l'homme vit, pour ainsi dire, en lui-même, isolé de ce qui l'entoure.

II. Les premières manifestations du sommeil sont souvent confondues avec le simple repos ; mais, lorsque le sommeil est parfait, comme chez les individus qui ont éprouvé une longue fatigue corporelle, tous les phénomènes qui le caractérisent se présentent réunis : alors le corps, obéissant aux lois de la pesanteur, reste ordinairement dans le décubitus dorsal, l'exécution des mouvements volontaires est suspendue, les sens ne manifestent plus leur activité ; la faim, la soif, le besoin d'expectoration, d'excrétion des urines ou des fèces ne sont plus perçus. Dans cet état, en effet, pour un observateur inattentif, le sommeil est comme la mort, car le corps est devenu étranger à tout ce qui l'environne ; et pourtant il est animé, et les fonctions les plus indispensables à la vie, la circulation, la respiration, la digestion, etc., persistent.

Ces dernières fonctions sont seulement modifiées : elles s'exécutent avec une certaine lenteur, qui est l'indice du sommeil des organes chargés de leur accomplissement. Ainsi, pour prendre un exemple, le cœur bat moins vite pendant le sommeil. « *Pulsus in somno parvi, languidi, rari,* » a dit Galien (5). Gorter (6), Boerhaave (7), de Moor (8), ont établi la même proposition en des termes différents. Hamberger (9) a compté, au pouls d'un enfant de huit ans, 100 pulsations pendant la veille et 11 de moins pendant le sommeil ; au pouls d'un enfant de onze ans, 90 pulsations pendant la veille et 80 pendant le sommeil : une diffé-

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Traité de physiol.*, t. V, p. 230, trad. de Jourdan.
(5) *Caus. puls.*, cap. IX, X.
(6) *Exerc.*, t. II, n° 14.
(7) *Prælect.*, t. IV, p. 505.
(8) *Instit. med.*, p. 355.
(9) *Physiol. med.* Ienæ, 1751, p. 598.

rence plus grande encore existait chez un enfant de quatorze ans. Haller (1), qui pense aussi que le sommeil ralentit le pouls, dit : « *Pulsus, vespertino tempore frequentior, per somnum paulatim minuitur.* » Hippocrate (2), Sanctorius (3), Morgagni (4), ont avancé, au contraire, que le cœur battait avec plus de force et de vitesse pendant le sommeil que pendant la veille ; mais c'est là une erreur facile à reconnaître et à expliquer. Lorsque le corps est fatigué, il éprouve un besoin vif et impérieux, celui du repos. Ce besoin se traduit par la sensation particulière qui se manifeste dans tous les organes actifs du mouvement, et, s'il n'est immédiatement satisfait, il occasionne une véritable réaction fébrile. De même que la faim quand elle n'est pas assouvie, que la soif quand elle n'est pas étanchée, accélèrent tout d'abord les battements du pouls, de même le besoin de sommeil augmente aussi le nombre de ces battements. Plus tard, quand le malaise qui résulte d'un besoin non satisfait est passé, le pouls revient peu à peu à son état normal, et bientôt lui-même semble se reposer et battre avec moins de fréquence et de vigueur.

Des observations analogues peuvent être faites relativement aux autres fonctions. Il n'est même pas exact d'admettre, comme on le fait généralement, que les organes génitaux jouissent d'une plus grande excitabilité durant le sommeil que durant la veille. Ici il importe de rappeler que les causes d'excitation possèdent seules plus d'activité, plus d'énergie, ou plutôt sont accumulées en plus grand nombre. Ainsi, chaleur du lit, décubitus dorsal, compression exercée sur les vésicules séminales par la vessie distendue, contacts érotiques, voilà bien des causes capables d'exciter l'orgasme vénérien ; et, sans doute, si elles se trouvaient toutes réunies pendant la veille, on constaterait que le sommeil n'augmente pas réellement l'excitabilité de l'appareil génital.

III. Le sommeil ne s'empare pas brusquement de tout notre être : nos organes s'endorment successivement à des degrés variables ; plusieurs veillent encore que d'autres sont déjà endormis, qui s'éveilleront peut-être à leur tour quand les premiers s'endormiront. En général, ce sont les muscles des membres qui les premiers se relâchent, s'affaissent et participent au sommeil. Les bras, les jambes, devenus immobiles, restent dans la position qu'ils ont choisie et qui est en rapport avec la disposition des articulations et des principales masses musculaires (5). La prédominance des muscles fléchisseurs sur les extenseurs, chez l'homme, fait que, pendant le sommeil, ses membres se mettent le plus souvent dans la flexion. Après les membres, les muscles volontaires du tronc s'engourdissent et s'endorment. Haller, qui a longuement examiné comment survient le sommeil, n'a pas manqué de noter

(1) *Elem. physiol.*, lib. XVII, sect. III, t. V, p. 598.
(2) *Epid.*, VI, 4-5.
(3) Sect. IV, nos 47-48.
(4) *De sed. et caus. morb.*, t. I, p. 251.
(5) Chez les oiseaux, certaines dispositions mécaniques expliquent comment ces animaux peuvent dormir debout sans qu'il soit besoin d'un effort musculaire. C. DUMÉRIL (*Bulletin de la Soc. philom.*, t. II, p. 4) a démontré que, chez les échassiers, il existe, dans le condyle interne du fémur, un enfoncement propre à recevoir la tête du péroné ; et, par là, on comprend qu'il suffise que cette articulation ait été une fois fixée pour qu'elle reste dans la même position, jusqu'à ce qu'un effort musculaire vienne la changer. De même, chez les oiseaux qui, pour dormir, se fixent sur les branches que leurs pattes embrassent solidement, on voit un long tendon du crural grêle passer sur la rotule pour s'unir avec les tendons des fléchisseurs des orteils : aussi, quand la cuisse est fléchie, les orteils se trouvent-ils également maintenus dans la flexion d'une manière fixe, permanente, solide, quoique passive, puisque cette flexion est produite par une disposition purement mécanique.

es oscillations de la tête, que son poids entraîne en avant sur la poitrine, et dont la chute amène presque toujours le réveil momentané que doit suivre bientôt un assoupissement plus complet.

Toutefois il arrive fréquemment que l'homme endormi exécute certains mouvements qui exigent des contractions musculaires nombreuses, variées, étendues, soit d'une partie du corps, soit du corps en totalité, ou bien qu'il garde, pendant le sommeil, une position prise pendant l'assoupissement, et qui est de nature à exiger des contractions musculaires capables de résister aux effets de la pesanteur. Pour expliquer ces phénomènes, il suffit d'admettre que le sommeil n'est pas toujours et nécessairement général, qu'il est au contraire dans sa nature même d'isoler, en quelque sorte, chacune de nos parties, et que, par conséquent, certains muscles, certaines régions peuvent exécuter des mouvements même volontaires, demeurer éveillés pendant que le reste de l'organisme est plongé dans un profond sommeil (1). Et, en effet, la position que prend le corps, avant de s'endormir, n'est pas toujours la même; mais elle a toujours la même raison d'être, elle est constamment telle qu'il en résulte le repos le plus parfait. Ainsi, qu'une partie de notre corps ait fatigué presque seule, et, même contre les lois de la pesanteur, cette partie du corps sera placée de façon qu'elle puisse parfaitement reposer, dormir d'une manière absolue, contraignant ainsi d'autres organes moins fatigués à exécuter des contractions continues qui indiquent leur état de veille.

Dans le calme de la nuit, nos *sens* inactifs ne reçoivent aucune impression du dehors, et cette inaction, qui favorise la somnolence, est bientôt suivie du sommeil. Presque toujours la *vue* est le sens qui s'endort le premier : l'œil, fatigué, se ternit, il perd de son éclat et reste fixé sur les objets qu'il ne voit déjà plus; en même temps, la paupière supérieure s'abaisse, l'inférieure s'élève, et le globe oculaire, complétement recouvert par ces voiles protecteurs, se met à l'abri des rayons lumineux. La translucidité des voiles palpébraux permet pourtant à la rétine de sentir encore l'impression d'une lumière éclatante, d'où résulte sans doute le réveil si fréquent qui arrive sous l'influence du jour ou d'une clarté vive; mais il faut que le sommeil soit léger, pour que ces impressions lumineuses soient perçues : dans un sommeil profond, elles ne constituent pas un excitant capable d'en interrompre la continuité.

Une autre remarque intéressante, c'est que la lumière peut manifester son action sur la rétine, sans qu'il paraisse y avoir perception : en effet, chez l'homme qui s'endort dans un endroit assez obscur, les pupilles sont dilatées; chez celui qui se couche au soleil et s'endort les yeux tournés vers cette masse de lumière, les pupilles sont resserrées, et même, lorsqu'on fait passer un individu endormi de l'obscurité à la lumière, sans qu'il s'éveille, la pupille se contracte. Il y a donc, dans cette circonstance, un mouvement qui s'exécute pendant le sommeil comme pendant la veille, à notre insu et indépendamment de la volonté, mais en raison d'une impression que nous ne percevons pas quand nous sommes endormis, que nous aurions perçue étant éveillés. C'est là un *mouvement réflexe*, analogue à ceux qu'on observe chez les sujets qui se dérobent, en dormant, par

(1) Évidemment, je n'entends pas faire allusion ici à ces autres mouvements si nombreux qui, dépendants du *pouvoir réflexe* de la moelle, continuent de s'exécuter pendant le sommeil. Je puis néanmoins rappeler, en passant, que c'est à ce pouvoir réflexe qu'il faut rapporter la contraction de l'orbiculaire palpébral et celle des autres sphincters chez l'individu endormi.

des mouvements dont ils n'ont pas conscience, à des impressions qu'ils n'ont pas perçues.

Le globe oculaire reste immobile durant le sommeil, et cependant le strabisme, dont sont quelquefois affectés les enfants qui dorment dans une position telle qu'un de leurs yeux reçoive l'impression solaire, donne lieu de croire que ce repos n'est pas absolu, mais que le globe oculaire peut encore se diriger vers les points lumineux qui l'attirent, ou s'éloigner de ceux qui l'irritent ou le gênent. Ce seraient là des mouvements automatiques de l'ordre de ceux dont nous venons de parler.

Pendant le sommeil, les larmes coulent moins abondamment que pendant la veille, et déjà, même avant que les paupières soient closes, on remarque une certaine sécheresse de la conjonctive, qui réclame des mouvements de clignement plus rapprochés qu'à l'ordinaire. D'ailleurs, on sait que la disposition des bords des paupières est telle, que l'écoulement des larmes suit son cours normal, même quand l'œil est fermé, ce qui explique comment, malgré le défaut d'évaporation, les larmes ne s'accumulent pas derrière les paupières fermées par le sommeil.

Le sens visuel ne s'endort pas d'une manière instantanée et ne s'éveille pas non plus brusquement : il arrive souvent que, pendant l'état qui précède le sommeil parfait, pendant la somnolence, des hallucinations de la vue surviennent et affectent plus ou moins vivement l'intelligence; il en est de même pendant les instants qui précèdent le réveil complet.

Plus tard que la vue, l'*ouïe* s'endort et termine la succession des phénomènes qui ont signalé l'invasion du sommeil. Il est à noter que le sens de l'ouïe, qui est le plus rebelle aux influences du sommeil, est aussi celui qui résiste le plus aux attaques de la mort : on entend encore, après que tous les autres sens ont cessé de vivre, de même que l'on entend encore même quand tous les autres sens sont endormis. Une autre circonstance singulière est la suivante : c'est par l'organe de l'ouïe que pénètrent très souvent les influences soporifiques, c'est par son intermédiaire que les autres sens s'endorment tandis que lui veille encore. En effet, on sait avec quelle facilité la monotonie d'un son provoque le sommeil : le bruit d'une chute d'eau, le murmure du vent dans le feuillage, les naïves chansons dont nos mères ont bercé notre enfance, etc., endorment tous nos sens, tandis que les oreilles restent encore sensibles à l'impression du son. L'organe de l'ouïe, logé dans un réceptacle osseux, condamné à une immobilité absolue, ne peut en effet facilement se soustraire aux sensations qui l'assiégent, il entend jusqu'aux bruits intérieurs de notre corps, il entend même le silence.

De tous les sens, endormi le dernier, le premier il s'éveille et éveille les autres comme il les avait aidés à s'endormir. Très souvent, en effet, on est éveillé par les bruits du dehors. Au milieu d'un assoupissement profond, notre nom prononcé à voix basse suffit pour chasser le sommeil; mais il y a dans ce phénomène autre chose que le résultat d'une sensation, il tient sans doute à des conditions psychologiques particulières. Par contre, le bruit le plus violent, quand on y est habitué, n'empêche pas de dormir; quelquefois même les impressions auditives sont nécessaires pour maintenir le sommeil : le meunier, qui s'endort au bruit de son moulin, s'éveille quand ce bruit cesse; l'enfant, qui s'endort aux chants de sa nourrice, est réveillé par le silence qui se fait autour de lui.

Le *goût* et l'*odorat* passent de la veille au sommeil, sans présenter aucun phé-

nomène appréciable. Le goût paraît s'endormir le premier et ne s'éveiller que le dernier. Il est vrai qu'il est dans les conditions de ce sens de ne donner naissance qu'à des sensations bornées par leur durée et par leur fréquence. L'odorat semble conserver quelque temps sa sensibilité, après même que les paupières sont closes : on peut voir du moins que les odeurs fortes sont capables de réveiller des personnes qui s'endorment. Mais, dans ces cas, il est assez difficile de distinguer l'effet excitant produit par les odeurs fortes sur la pituitaire, considérée comme organe tactile, de l'effet qui résulte des émanations odorantes elles-mêmes. Il se pourrait que le résultat attribué à une impression produite sur les nerfs olfactifs fût dû à l'impression exercée sur les nerfs de sensibilité générale qui se distribuent dans les fosses nasales (1).

Quant au *toucher*, il perd de son activité dès les premières manifestations du sommeil; mais ce sens est aussi des premiers à s'éveiller, et jamais il ne dort très profondément. Le contact d'un corps étranger suffit souvent pour réveiller un homme endormi, lorsque ce contact est subit et inattendu; au contraire, les pressions même douloureuses et prolongées, quand elles ont précédé l'invasion du sommeil, peuvent n'être plus perçues. L'habitude, en cette circonstance encore, paraît avoir la plus grande influence : tandis que le pli d'une feuille de rose empêchait les Sybarites de dormir, on voit tous les jours des hommes qu'ont épuisés de rudes travaux trouver un sommeil réparateur, couchés sur la terre avec une pierre pour oreiller.

Certaines excitations sont plus aptes que d'autres à réveiller la sensibilité tactile : un contact, même assez violent, répété sur une large surface, pourra ne pas troubler le sommeil d'un homme que le plus léger chatouillement éveillera aussitôt. C'est ainsi encore que le toucher, exercé par une personne dont la présence auprès de nous pendant notre sommeil nous est connue, sera bien moins capable d'en rompre la continuité que le moindre attouchement pratiqué d'une manière tout à fait imprévue. L'explication de ces particularités doit être cherchée non pas dans nos sens, mais dans le *sensorium commune ;* non pas dans notre corps, mais dans notre esprit.

De l'étude précédente sur l'état des sens dans le sommeil, il résulte que s'ils ne s'endorment pas en même temps ni au même degré, leur réveil ne se fait pas non plus instantanément pour tous. Il existe une solidarité remarquable entre les divers organes sensoriaux, puisque nous avons vu le sommeil de l'un faciliter, amener le sommeil des autres, et le réveil de l'un occasionner, produire le réveil de tous les autres.

IV. Durant le sommeil, selon Jouffroy (2), etc., l'esprit n'est pas comme le corps dans un état spécial; il reste toujours éveillé. Contrairement à cette opinion, on

(1) « Il est très rare, dit BRILLAT-SAVARIN (*Physiologie du goût*, 1838, t. II, p. 17), que les sensations qu'on éprouve en dormant se rapportent au goût et à l'odorat. Quand on rêve d'un parterre ou d'une prairie, on voit des fleurs sans en sentir le parfum ; si l'on croit assister à un repas, on en voit les mets sans en savourer le goût. Ce serait un travail digne des plus savants que de rechercher pourquoi deux de nos sens n'impressionnent pas l'âme pendant le sommeil, tandis que les quatre autres jouissent de presque toute leur puissance. » — D'après MACARIO (*Ann. méd. psychol.*, t. VIII), ces différences dépendent de ce que les sensations du goût et de l'odorat sont bien moins déterminées, bien moins définies et bien moins précisées par les signes du langage que les sensations de la vue, de l'ouïe et du toucher.

(2) *Nouv. Biblioth. méd.*, 1827, t. II, p. 368.

est autorisé à croire que le sommeil de l'esprit existe, qu'il se compose du sommeil simultané ou successif de nos facultés intellectuelles, qu'il coïncide presque toujours avec le sommeil physique, bien qu'il ne soit pas nécessairement sous la dépendance de ce dernier.

Dans les phénomènes du sommeil physique, nous avons pu isoler, pour ainsi dire, chaque fonction, chaque sens, et y suivre les manifestations qui signalent le moment où l'on s'endort. Il nous reste à tenter une pareille étude dans l'ordre intellectuel.

La perception sommeille, et parfois même avant les organes des sens avec lesquels elle a de si intimes connexions. En effet, qu'arrive-t-il à l'homme qui lutte péniblement contre le sommeil, au travailleur fatigué qui cherche dans une lecture aride les fruits savoureux de la science, au juge épuisé, condamné à entendre une longue plaidoirie? Ce qui arrive, nous le savons tous par nous-mêmes : combien de fois ne nous est-il pas advenu, après des veilles prolongées, de nous trouver assiégés d'impressions que nous ne percevions plus! Combien de fois ne nous est-il pas tombé des mains, le livre que nous lisions, sur les blanches feuilles duquel nous distinguions à peine les signes noirs de l'impression! Dans ce livre, nous voyions les lettres, nous les assemblions, nous lisions les mots, nous achevions les pages, mais nous ne concevions plus; un peu plus tard, nous voyions encore, mais nous ne lisions plus, enfin nous ne percevions plus nos impressions. Dans ce dernier cas, il est incontestable que la faculté de percevoir s'assoupit, s'endort avant même l'organe du sens qui transmet l'impression.

Dans d'autres circonstances, l'organe sensorial s'endort avant la faculté, non pas de percevoir, mais de concevoir. Il est difficile de démontrer que la perception persiste après le sommeil des sens; on ne comprend pas tout d'abord, et l'on est porté à nier qu'une sensation puisse exister sans passer par les sens. Mais, que le sommeil ferme l'organe de la vision au moment où une image vient d'être perçue, cette image pourra donner naissance à une foule d'idées qui, en raison de leur affinité avec l'idée mère résultant de l'image perçue, naîtront, croîtront, se succéderont avec une rapidité d'autant plus grande qu'aucune nouvelle sensation ne viendra les interrompre. Pendant la veille, une idée primaire existant, elle pourra persister sous l'influence de la volonté, jusqu'à ce qu'une sensation nouvelle, déterminant une nouvelle série d'idées, la fasse disparaître; mais, au moment où survient le sommeil, l'idée primaire se transforme bientôt en une autre qui en amène une troisième, et ainsi successivement. Toutes ont cela de commun, que, par un point, elles touchent à l'idée précédente jusqu'à la première, qui tient à la sensation, et, dans cette chaîne, le premier anneau, comme chacun de ceux qui le suivent, peut donner attache à une foule de pensées qui varient suivant les facultés, les dispositions, les natures individuelles. Que l'idée de la lumière, par exemple, soit conçue, et, dans l'esprit du physicien, elle réveillera ces multiples idées de composition et de décomposition, de réfraction, de polarisation, etc., dont les innombrables problèmes pourront se succéder à l'infini; au physiologiste, elle rappellera les curieux phénomènes de la vision; au peintre, les variétés des couleurs et la finesse de ses pinceaux; à l'homme du monde, l'éclat des fêtes; au poëte, les beautés de la nature; et chacune de ces idées primaires, source à son tour d'une foule d'idées différentes et pourtant associées avec la première, explique l'infinie variété de celles qui peuvent tenir à la même perception. Mais, de toutes ces formes de la conception, l'idée primitive est la plus intense, la plus vivace;

toutes celles qui lui succèdent vont en s'affaiblissant, jusqu'à ce que la dernière se perde dans le sommeil de la conception.

Il est facile de vérifier sur soi-même les faits qui précèdent, et nul doute que chacun de nous n'ait maintes fois éprouvé les phénomènes qui surviennent avant que la conception sommeille et lorsqu'elle s'endort. Ainsi, pour en revenir à l'exemple que la lecture nous a déjà offert, ne nous est-il pas arrivé, en lisant, de concevoir une idée au moment où la perception s'endormait, et de cette idée découlait un flux d'idées nouvelles et variées. Si, secouant, par un dernier effort de la volonté, notre faculté de percevoir; si, réveillant nos sens endormis, nous reprenions la lecture au point où nous l'avions interrompue, avec quel étonnement n'avons-nous pas remarqué l'intervalle immense qui séparait nos idées de celles de l'auteur? Ainsi, nul doute, sous ce rapport, que la faculté de concevoir puisse veiller encore quand la faculté de percevoir est déjà endormie. Mais, que l'idée qui précède immédiatement le sommeil des sens ait fait peu d'impression, que le sommeil physique parfait empêche toute autre sensation, un moment viendra où le dernier anneau de la chaîne des idées conçues restera inattaché, et, jusqu'à ce que survienne une idée nouvelle, fruit d'une nouvelle sensation, la conception dormira.

Une objection facile à prévoir est la suivante : Si, dira-t-on, les idées sont innées ou filles de notre seul esprit, ne pourra-t-il pas arriver qu'une idée nouvelle survienne pendant le sommeil des sens, de manière à tenir la conception toujours éveillée! Cette hypothèse spécieuse tire sa plus grande valeur de l'impossibilité de démontrer, d'une manière absolue, le repos d'une faculté intellectuelle : et pourtant, déjà pendant la veille, il est impossible de prouver que le cours des idées ne subit jamais de temps d'arrêt. Or, pendant le sommeil, il arrive souvent qu'aucune manifestation n'indique la présence d'une idée, que la mémoire n'en garde aucun souvenir, qu'au moment du réveil on n'en ait aucune connaissance; et dès lors il faut bien croire qu'il n'en existait pas. D'un autre côté, quand les idées se succèdent, découlant d'une même source, leur enchaînement implique leur continuité; mais, dès que cette chaîne est interrompue, il y a discontinuité dans la conception, il y a temps d'arrêt : que cette suspension dure un temps plus court que l'esprit ne peut le concevoir, elle n'en aura pas moins existé; qu'elle se prolonge, c'est le sommeil, le repos de la faculté de concevoir.

Deux des facultés essentielles de l'âme sont donc susceptibles de repos, de sommeil, soit simultanément, soit isolément, soit en même temps que dorment les organes des sens, soit enfin après que ces organes se sont endormis; car il peut arriver, et cette assertion exprimée plus haut doit être démontrée, que la faculté de percevoir comme celle de concevoir veille encore, quand les sens se trouvent déjà plongés dans le sommeil.

V. Rappelons, pour quelques uns des sens, ce qui se passe au moment où ils s'endorment. Les impressions faites par les corps extérieurs, et devenues de plus en plus vagues, n'existent plus que par leur image, par les idées qu'elles ont fait naître. L'anneau premier de la chaîne des idées est bien loin, que la faculté de concevoir encore éveillée enchaîne de nouveaux anneaux, enfante de nouvelles images. Mais, comme la dernière impression a été transmise par un organe déjà affaibli par l'envahissement du sommeil; comme elle a été saisie par la faculté de percevoir déjà assoupie elle-même; comme enfin la conception, elle aussi, se

trouve déjà amoindrie, il doit en résulter, et il en résulte effectivement, que les idées offrent moins de netteté, moins d'exactitude et de précision. Les organes des sens mal impressionnés ne transmettent qu'une sensation mal perçue et qui devient la source d'idées mal conçues; de là vient sans doute l'influence incontestable de l'état intermédiaire à la veille et au sommeil sur la production des *hallucinations*.

Cette influence résulte sans doute du sommeil imparfait de la faculté de percevoir, la faculté de concevoir persistant encore, mais ayant déjà perdu de son énergie, de sa netteté, de sa lucidité. On sait que le simple abaissement des paupières suffit quelquefois pour provoquer, chez des malades, des hallucinations de la vue : l'œil étant fermé, aucune nouvelle sensation n'est possible, mais la dernière image dont la conception a gardé l'empreinte devient l'anneau primaire d'une série d'hallucinations d'autant plus variées, d'autant plus persistantes, que la faculté de concevoir sera plus énergique, celle de percevoir plus endormie, d'autant plus fantasques aussi, que les sens seront moins capables de redresser les erreurs produites par l'illusion de l'esprit.

Toutes nos impressions sont transmises des extrémités nerveuses aux centres nerveux; les causes qui les produisent portent leur action primitive sur les filets terminaux des nerfs, les seuls points sur lesquels elles puissent agir. Mais que, par une circonstance quelconque, la cause d'excitation se trouve en rapport, non plus avec la terminaison d'un nerf, mais avec sa partie moyenne, avec son tronc ou avec son origine dans les centres nerveux, chaque sensation n'en sera pas moins rapportée par notre esprit à cette partie du corps d'où elle devrait provenir, où aboutissent les ramifications terminales du nerf lui-même. Déjà, dans une autre partie de cet ouvrage, nous avons insisté sur les nombreux exemples qui démontrent la vérité de cette assertion. Qu'une impression ait donc son siége, non plus à l'extrémité d'un nerf de sensation spéciale, par exemple, mais sur le trajet de ce nerf, la perception qui en résultera donnera naissance à une image inexacte, à une conception fausse; car la sensation sera rapportée à l'extrémité du nerf et attribuée à l'agent ordinairement en rapport avec cette extrémité. C'est ainsi que l'irritation du tronc du nerf optique par un instrument piquant, par l'électricité, procure la sensation d'un corps lumineux qui serait placé devant l'œil; si la stimulation siége plus haut, si elle est produite dans certaines régions des centres nerveux, une sensation analogue n'en aura pas moins lieu, et la conception en sera d'autant plus étrange. On comprend de la sorte comment les congestions cérébrales peuvent donner naissance à mille images diverses, sources plutôt que produits du délire. Des malades ayant subi l'extirpation du globe de l'œil ont eu à souffrir, pendant la période inflammatoire, de la présence continuelle de fantômes lumineux (1). Les aveugles voient aussi quelquefois pendant le sommeil, mais ils ne voient que des objets qui ont frappé leurs yeux avant qu'ils eussent perdu la faculté de voir (2). Esquirol (3) a observé des hallucinations de la vue coïncidant avec l'atrophie des nerfs optiques, depuis l'œil jusqu'au chiasma.

Il est inutile d'ailleurs d'aller chercher dans la pathologie des preuves à l'appui de cette proposition, que le cerveau a la faculté de concevoir des sensations en l'absence de tout objet extérieur capable d'en produire. Les enfants, et surtout

(1) LINKE, *De fungo medullari*. Leipsick, 1838.
(2) Voy. HERMANN (*Journal mensuel d'Ammon*, 1838).
(3) *Des maladies mentales*, t. I.

ceux qui présentent les attributs du tempérament sanguin, voient souvent, avant de s'endormir, des figures bizarres, terribles par leur étrangeté, grimacer devant eux, et leur imagination naturellement faible, d'ailleurs trop souvent bercée de contes fantastiques, reconnaît avec effroi dans ces visions les spectres, les fantômes dont on les a entretenus. Ils ont peur, la nuit de toutes parts les environne, sur leur conche innocente ils veulent fuir un ennemi inconnu; en vain ils se retournent et s'agitent, se cachent sous leurs couvertures; en vain ils contractent leurs paupières appesanties, partout les fantômes les poursuivent, car ils les portent en eux-mêmes : c'est dans leur cerveau qu'en est la cause première, l'origine, en même temps que la conception, l'interprétation, l'imagination. Sans parler de l'enfance, dont les sensations ne sont plus pour nous qu'un vague souvenir, il arrive souvent à l'homme éveillé et disposé à s'endormir, de voir dans l'obscurité des objets divers se dessiner devant ses yeux, apparaître comme une réalité à ses regards distraits. Aristote (1), Spinosa (2), Gœthe (3), Gruithuisen (4), et presque tous les auteurs qui ont écrit sur les rêves, ont mentionné cette circonstance. Mais, pour cela, il faut que l'œil, ouvert ou fermé, ne puisse rien voir des objets réels : c'est même le meilleur moyen de faire cesser ces visions que de regarder les objets qui nous entourent.

Ce qui se passe dans ces circonstances, cette perception d'impressions sans cause extérieure, cette conception imaginaire, ces visions, ces hallucinations, expliquent un grand nombre de phénomènes qui semblent, au premier abord, tout à fait surnaturels.

Qu'un homme soit préoccupé au point que le monde extérieur n'existe plus pour lui; que, pour un moment, presque toutes ses facultés soient inactives, comme dans le sommeil, il pourra arriver que ses yeux, ouverts en apparence, mais fermés en réalité, ne voient que les images subjectives, fantômes de son imagination. Ceci n'arrive pas la nuit seulement; une idée qui nous absorbe, une crainte que nous éprouvons, une émotion pénible qui nous accable, peuvent aussi étendre un voile sur nos yeux, et nous mettre dans des conditions analogues à celles qui précèdent le sommeil : alors, où l'enfant verrait des spectres, l'homme, suivant ses pensées du moment, aura des apparitions désirées ou redoutées.

Toutes ces hallucinations du sens de la vue résultent vraisemblablement d'une impression produite sur un point quelconque des parties de l'encéphale consacrées à l'exercice de la vision. Ce sont des sensations sans cause matérielle, des sensations purement subjectives. Il en est de même de ces visions qui nous apparaissent pendant le sommeil parfait des sens, soit comme cause, soit comme effet de nos rêves.

Ce n'est pas seulement pour le sens de la vue que nous pouvons constater l'influence, sur le développement de nos idées, d'une impression perçue sans l'intermédiaire des parties extérieures de l'organe sensorial : le sens de l'ouïe nous en offre un exemple remarquable.

Il est une hallucination de ce sens, à laquelle un grand nombre de jeunes filles sont sujettes, ou plutôt il est un rêve commun à un très grand nombre de jeunes

(1) *Traité des songes*, chap. III.
(2) *Opera posthuma*, epist. XXX.
(3) *Zur Farbenlehre*. Tübingen, 1819.
(4) *Physiognosie, etc.*, p. 236.

personnes dans des conditions particulières. Qu'on interroge des chlorotiques sur les rêves qui leur sont les plus habituels, et l'on sera étonné de la similitude extrême de leurs narrations. Toutes, ou presque toutes, se croyaient à la campagne, elles entendaient le doux murmure de l'onde, le bruit du vent à travers le feuillage; et sur ce thème uniforme, leur imagination compose d'innombrables variations dont l'origine, plus ou moins facile à retrouver, est toujours ce son entendu pendant le silence de la nuit, c'est-à-dire le souffle, le murmure musical, le chant de tourterelles, le bruit de diable produit par la circulation du sang chlorotique dans les artères du cerveau : c'est là ce bruit qui, sans l'intermédiaire des parties extérieures de l'organe de l'ouïe, est perçu par la région de l'encéphale destinée aux sensations auditives. Que la maladie, qui entretient le sang dans les conditions favorables à la production des bruits musicaux dans les artères, soit guérie, aussitôt les rêves changent de nature, et ne présentent plus ce caractère spécial qu'ils empruntent à leur cause particulière.

Nous venons d'indiquer seulement une forme des rêves dus au bruit artériel; il en est une foule d'autres qui paraissent avoir la même origine. Ainsi, c'est principalement chez les filles de la campagne que ce bruit fait rêver arbres et ruisseaux; aux jeunes personnes de la ville, il rappelle les douces mélodies ou les brillants concerts, il leur fait entendre les chœurs des anges, les hymnes des saints, comme les impressions lumineuses représentent quelquefois aux esprits religieux les auréoles divines ou les feux de l'enfer.

Sans doute il serait possible de suivre, à travers la plupart des rêves, l'impression subjective ou objective qui leur a donné naissance : mais il faudrait donner à ce sujet des développements que ne comporte point la nature de cet ouvrage. Il suffit que nous ayons, par des exemples pris dans les phénomènes de tous les jours, indiqué comment surgissent quelques-unes des idées qui nous occupent pendant le sommeil; comment, dans ces circonstances, et par quel mécanisme quelque chose arrive dans notre intelligence sans passer d'abord par nos organes sensoriaux.

En poursuivant notre analyse des phénomènes du sommeil dans l'ordre intellectuel, nous trouvons un état dans lequel une idée unique absorbe toutes nos facultés, tout notre être : cet état qui, chez l'homme éveillé, constitue l'extase, est, pendant le sommeil, l'expression de l'assoupissement de certaines facultés, tandis que d'autres restent encore inassoupies. De là viennent les songes qui coïncident avec des idées abstraites. L'imagination veille, la mémoire et le jugement aussi, toutes les autres facultés étant plongées dans le sommeil. De même que notre conception peut, pendant le rêve, s'exercer sur des sensations éprouvées pendant la veille, de même les idées rêvées peuvent n'être, en quelque sorte, que la suite des idées éveillées ou peuvent en être entièrement distinctes. D'où viennent ces songes? comment se succèdent-ils? comment finissent-ils? A ces questions nous ferons une seule réponse qui sera aussi la seule explication que nous donnerons sur ces manifestations de l'intelligence. Pendant l'état de veille, nous l'avons déjà vu, une idée naît dans notre cerveau; elle s'y développe jusqu'à ce qu'une autre idée, produite par ses propres transformations, ou résultant des objets extérieurs, vienne prendre sa place. Pendant l'état de sommeil, une idée séjourne dans le cerveau et s'y élabore, sans qu'elle puisse être remplacée par une autre ayant sa raison d'être dans les corps extérieurs ou dans nos sensations :

aussi est-il facile de comprendre qu'elle pourra acquérir des développements d'autant plus parfaits, atteindre des proportions d'autant plus étendues, une lucidité d'autant plus complète, qu'aucune image étrangère ne viendra lui disputer le champ de l'intelligence où elle règne sans partage. Quand une pensée nous occupe profondément, elle amène presque toujours un état analogue à celui que nous trouvons dans cette forme du sommeil, une sorte d'état extatique pendant lequel le monde réel, l'univers des sensations n'existe plus pour nous; seule elle nous possède, car la matière est dominée par la pensée, le corps par l'esprit, l'individu par la pensée qui est en lui, mais qui n'est pas lui, et à laquelle il ne peut se soustraire, quoi qu'il fasse. Il en est à peu près de même quand une passion violente nous aveugle, elle seule régit alors tout notre être : sensations, pensées, raison, volonté, rien n'existe plus quand la passion a acquis un certain degré de violence. Il se passe là ce qui a lieu dans le sommeil où toutes nos facultés peuvent se concentrer en un point. Aussi, que de prodiges de l'esprit humain nous verrions se produire, si tous nos rêves, ces enfants privilégiés de notre imagination, ne s'effaçaient pas presque toujours de notre mémoire, en n'y laissant qu'une trace éphémère! Et déjà maintenant nous devons au sommeil des œuvres dont serait fier le génie éveillé : c'est pendant le sommeil que Cardan a composé un de ses ouvrages, que Condillac a souvent achevé son travail (1); Voltaire refit complétement en rêve, et mieux qu'il ne l'avait composé étant éveillé, l'un des chants de la *Henriade* (2); des mathématiciens ont souvent pu résoudre, en dormant, des problèmes qui avaient échappé aux investigations de leur esprit éveillé (3). La physiologie elle-même a soulevé les coins de son voile pour Burdach endormi. « Le 17 juin 1822, raconte cet auteur, en faisant la méridienne, je rêvai que le sommeil, comme l'allongement des muscles, est un retour sur soi-même qui consiste dans une suppression de l'antagonisme : tout joyeux de la vive lumière que cette pensée me paraissait répandre sur une grande masse de phénomènes vitaux, je m'éveillai; mais aussitôt tout rentra dans l'ombre, parce que cette vue était trop en dehors de mes idées du moment; mais elle est devenue le germe de vues qui depuis se sont développées dans mon esprit (4). »

C'est surtout la poésie qui souffle pendant le sommeil ses inspirations les plus belles. Il n'est pas de poëte qui n'ait rêvé ses vers, et souvent les meilleurs; il n'est pas d'esprit cultivé dont les discours n'aient pris en rêve une teinte vague de poésie. Je connais une dame qui, douée d'un esprit distingué et ouvert à toutes les nobles pensées, n'avait jamais pu, étant éveillée, rendre en vers la moindre idée poétique, et qui m'a assuré que, pendant ses rêves, elle avait très souvent composé des pièces de poésie qui, nées dans les songes, s'évanouissaient comme eux.

Si nous continuons à analyser le sommeil intellectuel, nous trouverons toujours et partout cette circonstance importante, sur laquelle nous avons déjà insisté, que le sommeil, en arrivant, annihile tout d'abord la solidarité qui existe normalement entre les diverses facultés, qu'il les fait vivre isolément de leur vie propre, jusqu'à ce qu'il les domine toutes au profit d'une seule, et peut-être même au profit exclusif des fonctions de la vie végétative. Nous avons assisté au sommeil de la

(1) *Dict. des sc. méd.*, t. XLVIII, p. 261.
(2) *Dict. philos.*, art. RÊVES.
(3) V. CARUS, *Psychologie*, t. II, p. 208.
(4) BURDACH, *Traité de physiol.*, t. V, p. 213.

sensation, de la conception; nous avons vu l'imagination exaltée par le sommeil des autres facultés. Mais que le sommeil fasse des progrès, et bientôt l'imagination aussi s'endort, comme il arrive dans ce sommeil profond que ne trouble aucun rêve, ou, comme on le voit encore chez ceux dont l'esprit, peu cultivé, est absorbé par la matière. Dans ces conditions, en effet, il n'y a plus de rêves, l'esprit dort, et, s'il n'est pas possible de démontrer positivement ce sommeil, c'est que l'absence de rêves est un état négatif non susceptible d'être prouvé. Il ne nous paraît donc pas exact d'établir, avec Jouffroy (1), les propositions suivantes: « Le fait que l'esprit veille quelquefois, pendant que les sens dorment, est établi; le fait qu'il dorme quelquefois avec eux ne l'est pas; les analogies sont donc pour qu'il veille toujours. »

De cette circonstance, qu'on peut fournir en certains cas la preuve de la veille de l'esprit coïncidant avec le sommeil des sens, il résulte que, très probablement, le contraire a lieu quand cette preuve ne peut pas être fournie, c'est-à-dire que le sommeil envahit à la fois et les sens et l'esprit. Sans doute, ce n'est pas en même temps et au même degré que se produit l'assoupissement dans notre être: il s'empare successivement de certains sens, de certaines facultés, abandonnant les uns pour attaquer les autres; mais il est incontestable qu'il domine à certains degrés, en certains moments, certaines facultés intellectuelles. Pour nier cette vérité, il faut ne pas admettre la vérité la plus vulgaire, le sommeil même des sens.

Jouffroy (2), pour prouver que l'esprit veille toujours, s'est vu obligé de poser en principe: « 1° Que les sens seuls *s'engourdissent* dans le sommeil; 2° que plusieurs de nos sens continuent de transmettre à l'esprit les sensations imparfaites qu'ils reçoivent; 3° que l'esprit juge des sensations, et que c'est en vertu de ses jugements qu'il éveille les sens ou ne les éveille pas; que la raison pour laquelle l'esprit éveille les sens, c'est que la sensation tantôt l'inquiète, parce qu'elle est inaccoutumée ou pénible; tantôt l'avertit qu'il doit éveiller les sens, parce qu'il est le signe connu du moment où il doit le faire. »

Dans la première de ces propositions, on voit d'abord que les sens ne feraient que s'engourdir dans le sommeil. Or, si l'engourdissement est la même chose que le sommeil, cette proposition est inutile; si c'est autre chose, si c'est un degré moindre, elle est fausse: dans le sommeil des sens, les sens dorment.

En second lieu, tous nos sens ne participeraient pas également à cet engourdissement, car les uns seraient fermés comme les yeux, les autres à demi engourdis comme le tact et l'ouïe (3); ce qui nous amènerait directement à conclure que certains sens sont, d'après Jouffroy, comme l'esprit, non susceptibles de dormir. Cette analogie existe effectivement entre les sens et l'esprit; mais nous l'exprimons de la manière inverse, en disant que l'esprit est, comme les sens, sujet à s'endormir.

D'après la troisième proposition, l'esprit, après avoir jugé des sensations, éveillerait les sens ou ne les éveillerait pas; mais, pour qu'une sensation arrivât à l'esprit, il fallait bien que les sens ne fussent pas endormis: comment les éveillerait-il? Il y a, dans cette proposition, un cercle vicieux. Comment Jouffroy pouvait-il

(1) *Nouv. Bibliot. méd.*, 1827, t. II, p. 354.
(2) *Rec. cit.*, p. 361.
(3) *Rec. cit.*, p. 358.

admettre qu'une sensation arrivât à l'esprit à travers les sens endormis? Comment, s'ils n'étaient pas endormis, l'esprit pouvait-il ensuite les éveiller?

Ce philosophe a donc été trop loin, lorsqu'il a prétendu que, pendant le sommeil, l'esprit ne dormait jamais. Il a été dans le vrai, quand il a dit: « L'esprit travaille toute la journée comme le corps; mais, quand vient la nuit, il se sent fatigué comme son compagnon, et, convié au repos par l'assoupissement des organes qui l'entourent, il se dépouille de la volonté, comme l'esclave de ses chaînes, et s'abandonne à sa libre nature (1). »

La dernière partie de cette conclusion est conforme à celle que Maine de Biran (2) a tirée de propositions différentes: « Le sommeil, dit-il, ne peut consister que dans la suspension de l'état d'effort, c'est-à-dire de l'action présente d'une volonté ou force motrice sur les organes qui lui sont soumis. »

Le sommeil de l'esprit n'est, pour Jouffroy, que la suspension de l'attention; pour Maine de Biran, il consiste dans la suspension de la volonté, dont l'attention n'est qu'un mode d'exercice. Un fait certain, c'est que la volonté, cette faculté de décider et d'agir après avoir jugé, dort très souvent pendant le sommeil. L'étrangeté de nos songes, l'oubli rapide qui les suit, la passivité avec laquelle nous les subissons, l'ignorance où nous restons des actes accomplis pendant le sommeil, le défaut de conscience, sont autant de circonstances qui viennent prouver que la volonté peut dormir comme les autres facultés. Est-ce à dire que le sommeil ne soit dans l'âme, dans l'esprit, que la suspension de la volonté? Non, sans doute, car: 1° la volonté peut être suspendue en l'absence du sommeil; 2° elle peut persister pendant que toutes les autres facultés sont engourdies, endormies.

La volonté peut être suspendue en l'absence du sommeil: quand nous laissons nos pensées errer à l'aventure; quand, rêveurs éveillés, nous bâtissons, avec l'aide de notre imagination et sur le sol du caprice, des *châteaux en Espagne;* quand, esclave d'une passion violente, nous sommes entraînés par elle, qu'en proie à la colère, par exemple, nous sommes dominés par ce sentiment, notre volonté est suspendue, mais nous ne dormons pas. Si le caractère du sommeil intellectuel était précisément la suspension de la volonté, quelle différence y aurait-il entre le sommeil et cet état dans lequel la volonté est suspendue par l'action qu'exercent sur le cerveau les boissons alcooliques, ou bien entre le sommeil et le délire?

Sans doute, elles sont nombreuses et grandes les analogies qui rapprochent ces différents états, mais elles sont bien loin encore d'établir entre eux une similitude complète. Et d'ailleurs, ce ne serait pas seulement le sommeil intellectuel qui dépendrait de la suspension de la volonté, puisque, pour Jouffroy, l'esprit ne peut pas dormir; ce serait le sommeil même pour Maine de Biran, et les phénomènes physiques du sommeil n'en seraient qu'une manifestation.

La volonté peut persister pendant le sommeil de toutes les autres facultés: les preuves à l'appui de cette proposition se présentent en foule. C'est une vérité vulgaire qu'il suffit de *vouloir* pour s'éveiller à une heure convenue, l'âme mesurant alors le temps et réveillant les sens au moment opportun; c'est chose curieuse assurément que de voir cette volonté de rompre le sommeil persister pendant le

(1) *Rec. cit.*, p. 368.
(2) *Œuvres philos.*, t. II, p. 221.

ment observés et qui se concilient parfaitement avec les phénomènes ordinaires du sommeil, avec les explications rationnelles qui précèdent. Il est même bien possible que la concentration de toutes nos facultés en une seule puisse se traduire, chez le somnambule, par des actes difficiles à réaliser pendant la veille ; mais gardons-nous d'oublier que l'amour du merveilleux a de tout temps grossi à plaisir l'étrangeté des phénomènes incompris.

Cette réflexion nous est dictée par la nécessité où nous nous trouvons de dire un mot du somnambulisme artificiel ou *magnétisme animal*. Placé entre l'incrédulité ignorante qui nie tout, parce qu'elle n'a rien vu, et la foi aveugle qui admet tout, parce qu'elle ne réfléchit sur rien, ou parce qu'elle a tout vu par les yeux et rien par l'intelligence, nous émettrons notre sentiment avec une entière franchise, de même que nous avons mis un vif empressement à être témoin des phénomènes dits magnétiques.

Le caractère essentiel du sommeil, avons-nous dit souvent, est de pouvoir rompre la solidarité qui existe habituellement entre les diverses parties du corps, entre les diverses fonctions, entre les diverses facultés de l'âme. Pendant le sommeil, chacune de ces parties, chacune de ces facultés semble concentrer en elle-même la force qui lui est propre, s'isoler de toutes les autres, de même que le corps s'isole du monde extérieur par le repos des sens.

Or, s'il était possible d'endormir à volonté un organe, un sens, une faculté, ce sommeil partiel ne pourrait-il pas s'accorder avec la veille du reste du corps, du reste des facultés intellectuelles? Les faits répondent affirmativement à cette question. La belladone, par exemple, endort les muscles avec lesquels on la met en contact; les boissons alcooliques, à certaines doses, endorment quelques facultés intellectuelles; la fatigue endort les sens.

Les passes magnétiques, le regard du magnétiseur n'agiraient-ils que comme des moyens propres à fatiguer le sens de la vue, et à amener le sommeil comme résultat de cette fatigue? C'est ainsi que, pour endormir son enfant, une mère lui chante des nocturnes, de ces chansons qui, monotones par le rhythme et par les sons, font entrer le sommeil par les oreilles. Bien souvent ce qui concentre l'attention sur un seul point, ce qui n'agit que sur une fibre de notre cerveau, fatigue et endort : tel est peut-être le seul moyen d'action du regard fixe et immobile du magnétiseur pour provoquer le sommeil.

Mais ce sommeil, semblable à celui que la belladone produit dans les muscles, n'influencera pas simultanément tous les organes, toutes les facultés; certaines facultés dormiront, d'autres restant éveillées, et alors on pourra voir survenir, chez des sujets naturellement disposés, les phénomènes ordinaires du somnambulisme spontané. Chez quelques individus nerveux, la concentration de toutes les facultés, de toutes les forces, amènera une sorte d'extase, une véritable attaque de catalepsie (*). Mais dans ces phénomènes, plutôt pathologiques que physiologiques,

(*) Cette opinion se trouve confirmée par les faits nombreux dont la presse retentit depuis quelque temps et que la science ne doit pas dédaigner d'enregistrer.

En 1842, JAMES BRAID (*a*) annonçait qu'il était facile de provoquer un *sommeil somnambulique* en faisant regarder avec fixité un objet placé à une distance de 20 à 40 centimètres des yeux, l'esprit étant uniquement attaché à l'idée de cet objet. « Après un intervalle de temps variable, en soulevant doucement les bras et les jambes, on trouvera que le patient a une dis-

(*a*) *Neurypnology or the Rational of Nervous Sleep, considered in Relation with Animal Magnetism.* Londres, 1842.

dans ces manifestations d'excessive irritabilité d'un système nerveux malade, il n'est rien de surnaturel, rien qui fasse sortir l'homme de l'étroite sphère dans laquelle il gravite.

Dans ces limites, on peut admettre l'existence du magnétisme animal; on la comprend, on arrive presque à l'expliquer.

Si le sommeil provoqué ne répond pas à un besoin de la nature, le but final du sommeil (la réparation) n'existant pas, les facultés intellectuelles pourront se manifester d'autant plus brillantes, d'autant plus vives, qu'elles seront libres des chaînes de la réalité, libres dans le monde de l'esprit. Mais ce qu'elles pourront avoir gagné en étendue, elles l'auront perdu en justesse; elles resteront dans le vague. De nouvelles facultés pourront-elles se former, de nouveaux sens se développer ou se déplacer? Le pouvoir de l'homme pourra-t-il aller jusqu'à donner à d'autres ce qu'il ne possède pas lui-même? L'esprit humain, si faible parce qu'il n'a d'autres instruments que ses organes si bornés, pourra-t-il, se débarrassant de ses entraves terrestres, s'étendre jusqu'à l'infini, etc.? A ces questions il ne faut pas de réponse: quand la foi dit oui et que la raison répond non, la science est en droit de s'abstenir.

» position à les garder, s'il a été fortement affecté, dans la situation où ils ont été mis.... A l'exalta-
» tion première des sens, succède une dépression beaucoup plus grande que la torpeur du sommeil
» naturel, etc. (*a*). »

L'insensibilité (anesthésie et analgésie) pouvant être produite par ce moyen, BRAID en fit l'application à la médecine; mais ses recherches eurent peu de retentissement, probablement à cause des apparences mystiques dont elles étaient revêtues.

Toutefois AZAM, ayant constaté l'exactitude de ces expériences, et BROCA les ayant publiquement renouvelées pour déterminer l'anesthésie dans des opérations chirurgicales, VELPEAU informa l'Académie des sciences, dans la séance du 5 décembre 1859, du résultat obtenu par ces expérimentateurs. Depuis lors, de très nombreuses expériences pour produire l'hypnotisme ont été faites de tous côtés avec des succès variables. Des faits recueillis jusqu'à ce jour, il paraît résulter que, comme nous le disions plus haut, chez quelques individus nerveux, la concentration de toutes les facultés amène une véritable attaque de catalepsie. — Cette idée d'ailleurs n'est pas nouvelle: déjà, en 1816, PIORRY établissait, dans le *Journal de la Vienne*, que les passes dites magnétiques provoquaient le sommeil en modifiant les organes et les nerfs de la vision. Quant aux applications chirurgicales de ce sommeil, on sait que déjà, en 1829, J. CLOQUET a pu faire une amputation du sein pendant l'anesthésie produite par le sommeil magnétique. Or, on le comprend, pour nous, magnétisme et hypnotisme, c'est un seul et même moyen de produire le sommeil par la fatigue des yeux, sur les animaux comme sur l'homme (*b*).

(*a*) *Dictionnaire* de NYSTEN, art. *Hypnotisme*, 10e édit. par E. LITTRÉ et CH. ROBIN.

(*b*) Consultez sur l'hypnotisme: HOLLAND, *Chapters of Mental Physiology*. Londres, 1858, p. 100 et suiv. — CARPENTER, *Human Physiology*, Philadelphie, 3e édit., p. 827, et article *Sleep*, dans *Cyclopædia of Anat. and Physiol.* par TODD. — BENNETT, *Outlines of Physiology*. Edinburgh, 1859, p. 150 et suiv. — *On the Rise, Progress and Mysteries of Mesmerism* (*The London Lancet*, 1845, t. I, p. 500 et suiv.). — AZAM, *Arch. génér. de méd.*, janvier 1860, etc.

DE LA GÉNÉRATION.

La *génération* est la fonction par laquelle les êtres vivants se reproduisent. C'est par elle que les animaux créés se perpétuent et que leurs espèces se conservent.

Cette fonction s'accomplit, dans l'espèce humaine, à l'aide d'une série d'actes dans lesquels les deux sexes interviennent. C'est de la même manière, c'est-à-dire à l'aide de deux sexes, que se reproduisent un grand nombre d'animaux, soit que leurs sexes restent séparés et distincts comme chez l'homme, soit qu'ils se trouvent réunis chez un seul individu, lequel peut alors remplir à la fois le rôle du mâle et celui de la femelle.

Mais, chez plusieurs autres êtres, dont l'organisation est moins parfaite, il n'y a pas de sexes. L'individu unique, qui dans ce cas constitue l'espèce, peut se reproduire par des œufs ou des spores, susceptibles de se développer d'eux-mêmes; par des gemmes ou bourgeons, qui se développent incomplétement avant de se détacher de la mère; ou bien par la scission d'une partie du tout, partie d'ailleurs plus ou moins considérable et qui se complète pendant ou après l'acte de sa séparation. Ces trois modes coexistent chez certains êtres inférieurs, et même, à ce qu'il paraît, se rencontrent quelquefois chez des animaux dont les sexes sont distincts.

On a admis, enfin, mais sans preuves suffisantes, que plusieurs animaux, surtout les plus inférieurs, peuvent se créer de toutes pièces. On a cru que l'assemblage d'atomes inorganiques, ou de particules provenant d'êtres organisés, morts ou vivants, pouvait donner naissance à des animaux, variables de forme et de structure suivant les circonstances; ne provenant pas, comme les autres, de parents semblables à eux; susceptibles, en un mot, de se former *spontanément*, partout où se trouveraient réunies des conditions favorables à leur développement.

Il convient d'examiner d'abord ce qu'on doit penser de cette hypothèse, et comment il faut interpréter les faits et les expériences qu'on a invoqués en sa faveur. Nous mentionnerons ensuite chaque mode de reproduction; puis nous décrirons avec déta tous les phénomènes de celui qui est propre à l'espèce humaine.

DE LA GÉNÉRATION SPONTANÉE.

On doit entendre par *génération spontanée*, ou par les expressions équivalentes de génération *primitive*, *primigène*, *originaire*, *directe*, *équivoque*, d'*hétérogénie* (Burdach), de *spontéparité* (Dugès), « toute production d'être vivant, dit Burdach (1), qui, ne se rattachant ni pour la substance, ni pour l'occasion, à des

(1) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 8.

individus de la même espèce, a pour point de départ des corps d'une autre espèce et dépend d'un concours d'autres circonstances. C'est la manifestation d'un être nouveau et dénué de parents, par conséquent une génération primordiale, une création. Nous la reconnaissons, ajoute le même physiologiste, partout où nous voyons paraître un corps organisé, sans apercevoir un autre corps de même espèce dont il puisse procéder, ou découvrir dans celui-ci aucune partie apte à opérer la propagation. »

Aujourd'hui, d'après les expériences que nous citerons plus tard, il semble irrationnel de soutenir que, de la *matière inorganique*, puisse naître spontanément un être organisé, et de renouveler ainsi la fameuse hypothèse des atomes d'Épicure. Aussi la plupart des partisans actuels de la génération spontanée pensent-ils que c'est seulement de la *matière organisée* que peuvent naître de nouveaux animaux ; soit qu'ils se créent dans des corps organisés morts et en décomposition, soit qu'ils prennent naissance dans l'intérieur des corps vivants. Le plus grand nombre borne même à ce dernier cas la possibilité de la génération spontanée : car, pour les infusoires, la question paraît plus avancée que pour les entozoaires, chez la plupart desquels, d'ailleurs, on a pu aussi saisir un autre mode de génération. Mais, avant d'entrer dans l'examen de ces faits, il est bon de présenter un tableau des vicissitudes par lesquelles a passé cette supposition, et de la carrière qu'elle a fournie dans la science avant d'arriver jusqu'à nous.

Loin d'être nouvelle, la doctrine des générations spontanées remonte à la plus haute antiquité ; on peut même dire qu'elle fut une erreur généralement répandue chez les anciens. Épicure, on le sait, prétendait que la terre avait tout produit. Aristote (1) n'allait pas si loin, mais il disait encore que « tout corps sec qui devient humide, et tout corps humide qui se sèche, produit des animaux, pourvu qu'il soit susceptible de les nourrir. » Ainsi, il faisait provenir plusieurs poissons du limon ou du sable (2) ; les chenilles, ces petits vers qui se transforment en animaux volants, des feuilles vertes, et notamment des feuilles de chou (3) ; les poux, de la chair (4) ; les puces, de la fermentation des ordures (5) ; les vers, de la chair corrompue et du fromage, etc. En un mot, tous les animaux dont la génération lui était inconnue, il les faisait naître des endroits où on les trouve. Il attribuait la puissance formatrice à la chaleur, à l'air, à l'humidité, jouant le même rôle que les humeurs et la chaleur animale dans la génération par sexes. Avant lui, et même longtemps après, on attribuait encore à la terre la formation des serpents, des rats, des taupes ; à la boue des étangs, celle des grenouilles et des anguilles ; à la carcasse d'un bœuf ou d'un autre animal, celle des abeilles ; aux fruits véreux, aux bois, aux viandes pourries, celle des vers, des mouches et de divers insectes. Cette idée de la création journalière d'êtres vivants venus de la corruption, née à l'origine même de la philosophie, est souvent exprimée par les anciens et se trouve reproduite dans un grand nombre de leurs ouvrages.

Mais, comme il sera facile de le démontrer, à mesure qu'on a approfondi la question, on a vu la plupart des cas présumés de génération spontanée s'expliquer

(1) *Histoire des animaux*. Paris, 1783, t. I, p. 313, trad. de Camus.
(2) *Ibid.*, p. 363.
(3) *Ibid.*, p. 287.
(4) *Ibid.*, p. 311.
(5) *Ibid.*, p. 309.

l'un après l'autre d'une manière plus naturelle, et rentrer successivement dans la règle commune.

C'est seulement au XVIIe siècle que des idées vraies, sur ces générations douteuses, commencèrent à se substituer aux erreurs des anciens. Un si grand progrès fut dû à l'Académie *del Cimento*, qui ne dura que neuf années, mais se rendit immortelle.

Redi, un des illustres membres de cette Académie, démontra, à l'aide de nombreuses expériences sur la génération des insectes, que les vers ne naissent pas spontanément des chairs putréfiées. Ayant recouvert d'une gaze des viandes en voie de putréfaction, Redi remarqua qu'il ne s'y développait plus de vers, mais il vit les mouches, attirées par l'odeur, venir voltiger autour d'elles et pondre leurs œufs sur la gaze même, dans les points les plus rapprochés de la chair qu'elles ne pouvaient atteindre. Le mérite de ces expériences nous échappe aujourd'hui, parce que nous ne concevons pas que la corruption puisse engendrer un animal parfait comme un insecte; mais leur importance était grande, il y a deux siècles. L'expérience que Redi avait faite sur la viande, en la mettant dans des vases clos ou la recouvrant de gazes très fines, il la répéta avec un pareil succès pour le fromage et pour plusieurs autres matières qui donnaient lieu à contestation, et dès lors il fut évident, pour tous les bons esprits, que c'étaient les insectes et non les matières corrompues qui produisent les vers.

Telle était la conclusion de cet observateur (1) : car il dit que « les vers qui naissent dans les chairs y sont produits par les mouches, et non par ces chairs mêmes. »

Redi (2) fut aussi le premier à démontrer que, chez les entozoaires eux-mêmes, ou, comme il les appelle, chez les animaux qui vivent dans d'autres animaux, on trouve, comme pour tous les autres, des mâles, des femelles et des œufs; qu'en un mot, chez eux, la génération ne s'effectue pas d'une manière différente de celle qu'on observe communément.

Cependant Redi, tout en dévoilant et détruisant de nombreuses erreurs, en commet lui-même quelques autres : il semble admettre, par exemple, mais à regret, que les animaux des galles d'arbres pourraient bien venir par génération spontanée.

Vallisnieri (3) continua Redi, en découvrant la génération par sexes chez plusieurs autres insectes, notamment les œstres; de plus, il fit pour les entophytes, c'est-à-dire les larves vivant au sein des végétaux, ce que Redi avait fait pour les entozoaires.

Mais c'est Swammerdam (4) qui nous a révélé le plus de merveilles sur la génération des insectes : après avoir si bien observé et décrit leurs métamorphoses, on conçoit qu'il ne pouvait pas admettre leur formation spontanée.

Plus tard, Réaumur popularisa les belles découvertes de Redi, Vallisnieri, Swammerdam. « Pour ce qui est notamment des fruits véreux, il y a deux cents ans, dit Réaumur (5), qu'on n'avait point surpris dans leur opération ces mouches qui déposent leurs œufs dans les fruits; et quand on voyait un ver dans une pomme,

(1) *Esperienze intorno alla generazione degl' insetti*, 1668, trad. de la Collection académique, t. IV, p. 420.
(2) *Osservazioni intorno ali animali viventi che si trovano negli animali viventi*, 1684.
(3) *Dialogi fra* MALPIGHI *e* PLINIO *intorno la curiosa origine di molti insetti*. Venise, 1700.
(4) *Biblia naturæ, seu historia insectorum*, trad. franç. (*Collect. acad.*, t. V, part. étrang.).
(5) *Lettres à un Américain*, lettre 6, p. 46.

c'était la corruption qui l'avait engendré. Maintenant il est bien prouvé, au contraire, que le ver est la cause de la corruption du fruit. »

On verra bientôt que vers la même époque où Redi, Swammerdam et Vallisnieri portaient les premiers coups à l'hypothèse des générations spontanées, Harvey concluait, de ses nombreuses observations, son axiome devenu si fameux depuis : « *Omne vivum ex ovo.* » Cependant, par ces paroles, Harvey n'entendait pas dire autre chose, sinon que les mammifères viennent d'un œuf, comme les oiseaux. C'était, sans doute, un très beau résultat de ses recherches d'établir que les vivipares étaient au fond ovipares. Mais Harvey ne connaissait pas la génération des animaux inférieurs, notamment celle des insectes : or, c'était surtout et presque exclusivement pour ces animaux qu'existait l'erreur des générations équivoques; c'était là qu'il fallait la combattre, et Redi, le premier, avait entrepris cette tâche avec bonheur.

La production, quelquefois si prodigieuse, des poux sur le corps de l'homme et de divers autres animaux, était, pour ainsi dire, le dernier retranchement derrière lequel se fussent réfugiés les partisans de la génération primitive. Aujourd'hui, on sait trop qu'elle ne sort pas de la règle commune, pour que les fauteurs de l'hétérogénie puissent admettre ce mode de reproduction chez ces animaux et chez les espèces qui s'en rapprochent. « Les acariens, dit Dugès (1), qu'on trouve quelquefois en parasites chez l'homme, dans la gale (*sarcoptes*), pouvant passer d'un individu à un autre et se multipliant avec rapidité, comme le prouvent ceux qui fourmillent sur les oiseaux et les insectes (*dermanysses* et *gamases*), ne peuvent être attribués à une génération spontanée, plus rationnellement que les insectes parasites, les poux de la tête ou du pubis, qui certainement ne s'engendrent pas d'eux-mêmes, mais dont la propagation est singulièrement favorisée par la malpropreté et l'incurie. »

Après les travaux du XVIIe siècle, dont nous avons parlé, il semblait qu'on ne pouvait plus admettre de création fortuite. Mais l'esprit humain est comme fatalement entraîné à se répéter lui-même, et les erreurs reparaissent avec le temps comme les vérités; aussi, quand cette vieille hypothèse des générations spontanées paraissait crouler de toutes parts, une magnifique découverte vint lui prêter un nouvel appui. Avec le microscope, Leeuwenhoek (2) découvrait, en 1675, les *animaux* invisibles à l'œil nu, et pour cela nommés *microscopiques*, dans les eaux pluviales, dans le sperme et dans d'autres liquides. Plus tard, Needham (3) montrait que, si la putréfaction ne produit pas d'insectes, elle fait du moins naître, dans toutes les infusions renfermant des matières en décomposition, de petits animalcules jusqu'alors inconnus, mais qui furent aussitôt l'objet de mille recherches, et que Wrisberg (4) désigna, pour la première fois, en 1765, sous le nom d'*infusoires*.

Si l'on verse, en effet, de l'eau sur des substances animales ou végétales, et si l'on expose le tout à une douce température et à l'influence de l'air et de la lumière, on voit apparaître, peu de temps après, au milieu de la décomposition et de la dis-

(1) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux.* Montpellier, 1839, t. III, p. 206.

(2) *Anatomia et contemplatio nonnullorum naturæ invisibilium*, etc. Leyde, 1685. — Et *Opera omnia, seu arcana naturæ.* Leyde, 1722.

(3) *An Account of some New Microscopical Discoveries.* London, 1745.

(4) *Satura observationum de animalculis infusoriis.* Gœttingue, 1765.

solution de ces matières organiques, des végétaux très simples tels que des moisissures, ou de très petits animaux, d'une simplicité organique apparente, visibles seulement au microscope, quelquefois même à un très fort grossissement; ce qui n'empêche pas que l'organisation de plusieurs d'entre eux ne soit fort compliquée. C'est à ces êtres nouveaux qu'est resté le nom d'infusoires, qui exprime la principale condition de leur existence. Leur apparition ne semblant précédée de celle d'aucun être semblable à eux, ni même d'aucun être jouissant d'une vie quelconque, on supposa qu'ils se forment de toutes pièces, à l'aide de l'eau, de l'air et des matières en infusion, c'est-à-dire qu'ils naissent par une génération spontanée; hypothèse que Buffon devait soutenir plus tard de tout l'éclat de son nom et de tout le prestige de son style.

L'existence de ces infusoires, l'obscurité de leur origine et de celle de quelques entozoaires, sont les seuls motifs qui fassent admettre, aujourd'hui encore, la génération spontanée par des autorités scientifiques, dont le nom demande qu'on ne la rejette pas sans la soumettre à un examen sérieux. Ainsi, elle est professée par plusieurs naturalistes, Bürmeister (1) entre autres, pour l'acarus de la gale, les poux, etc. Bürdach ne l'admet, d'une manière absolue, que pour les infusoires; comme si, parce qu'ils sont simples, ils n'en étaient pas moins des animaux, et comme si la génération spontanée n'était pas tout aussi difficile à comprendre à leur égard qu'à l'égard de tous les êtres. Pour ce qui est des autres animaux, tantôt Bürdach (2) va jusqu'à croire que certains poissons, qu'on trouve dans des étangs sur des montagnes, peuvent y naître spontanément; tantôt il refuse d'admettre, malgré l'analogie des deux ordres de faits, la génération spontanée des crapauds qu'on a trouvés dans des arbres ou dans des murailles. Comment admettre l'hétérogénie des uns, quand on rejette celle des autres? Dugès (3) croyait aussi à la spontéparité, et il faisait même jouer à l'électricité, dans ce mode de génération, un rôle qu'il n'est pas besoin de réfuter aujourd'hui. « L'électricité moléculaire ou de contact, dit-il, qui préside aux cristallisations minérales, qui de même agite évidemment les matières organiques en fermentation, ne peut-elle être considérée comme constituant l'agent vital de certains agrégats nouvellement formés, vivifiant ainsi ces animaux sans système nerveux que Lamarck nommait apathiques? » Lamarck admettait que ce sont les impondérables généraux qui tiennent lieu d'agent vital à ces animaux et les organisent. Otton Frédéric Müller (4) déclare que les infusoires se forment « *ex moleculis brutis et quoad sensum nostrum inorganicis* ».

Mais toutes ces opinions s'évanouissent devant une discussion sérieuse des faits. Nous allons chercher à le démontrer, en nous occupant successivement des principaux phénomènes sur lesquels on s'appuie pour soutenir aujourd'hui la génération spontanée des infusoires, et de ceux qui servent de base à la même opinion pour les entozoaires.

(1) *Handbuch der Entomologie*. Berlin, 1795.
(2) *Traité de physiologie*, t. I, p. 15.
(3) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*. Montpellier, 1839, t. III, p. 199.
(4) *Animalium infusoriorum succincta historia*, pars I. Copenhague et Leipsick, 1773.

A. — De la génération spontanée des infusoires.

I. On a fait deux hypothèses sur la génération spontanée des infusoires : celle des *molécules organiques* de Buffon, et celle de la *création de spores*, des auteurs modernes.

Première hypothèse. — Buffon, voyant d'une part la matière se désagréger, et voyant d'un autre côté naître de petites particules vivantes dont l'origine échappait à l'observation, supposa l'existence d'une foule de corpuscules animés dont chacun serait le centre de forces vitales propres. De la réunion d'un grand nombre de ces corpuscules, qu'il décore du nom de *molécules organiques*, se formeraient, d'après lui, tous les animaux, sans en excepter les plus grands ni les plus parfaits ; de leur séparation, de leur isolement résulteraient des espèces de monades susceptibles de conserver à la fois et leur état solitaire et leurs facultés vitales, douées d'une vie indépendante, mais pouvant se grouper ultérieurement pour créer des formes vivantes nouvelles. De là l'idée d'une mutation continuelle, non-seulement des éléments matériels qui constituent les corps des animaux, mais de la forme même de ces animaux, conséquence qu'il a vainement essayé d'éluder par la nouvelle supposition des moules intérieurs ; de là aussi la possibilité de voir apparaître toutes les formes imaginables et inconnues de nouvelles espèces.

C'est précisément comme une conséquence de ces molécules organiques, que Buffon admet les générations spontanées. « L'une de ces hypothèses suit de l'autre, dit Flourens (1). » Aussi les beaux et nombreux résultats de la science moderne, les découvertes de Redi, de Swammerdam, de Vallisnieri, de Réaumur, sont entièrement perdus pour Buffon. « Il y a peut-être, dit-il, autant d'êtres soit vivants, soit végétants, qui se reproduisent par l'assemblage fortuit des molécules organiques, qu'il y a d'animaux ou de végétaux qui peuvent se produire par une succession constante de générations (2). » Et plus loin : « Plus on observera la nature, plus on reconnaîtra qu'il se produit, en petit, beaucoup plus d'êtres de cette façon que de toute autre. On s'assurera de même que cette manière de génération est non-seulement la plus fréquente et la plus générale, mais la plus ancienne, c'est-à-dire la première et la plus universelle (3). » Et, pour montrer quelle extension Buffon donnait à cette hypothèse : « Dès que les molécules organiques, ajoute-t-il, se trouvent en liberté dans la matière des corps morts et décomposés, dès qu'elles ne sont point absorbées par le moule intérieur des êtres organisés, qui composent les espèces ordinaires de la nature vivante ou végétante, ces molécules, toujours actives, travaillent à remuer la matière putréfiée, elles s'en approprient quelques particules brutes, et forment, par leur réunion, une multitude de petits corps organisés, dont les uns, comme les vers de terre, les champignons, etc., paraissent être des animaux ou des végétaux assez grands, mais dont les autres, en nombre presque infini, ne se voient qu'au microscope ; tous ces corps n'existent que par une génération spontanée (4). Les anguilles de la colle de farine, continue-t-il, celles du vinaigre, tous les prétendus animaux microscopiques ne sont que des

(1) *Histoire des travaux et des idées de* BUFFON. Paris, 1844, p. 78.
(2) BUFFON. *Histoire naturelle générale et particulière, avec la description du cabinet du Roi*, édit. de l'imprimerie royale, in-4. Paris, 1749-1789. Supplément, t. IV, p. 335.
(3) *Ouvr. cit.*, Suppl., t. IV, p. 357.
(4) *Ouvr. cit.*, Suppl., t. IV, p. 339.

formes différentes que prend d'elle-même, et suivant les circonstances, cette matière toujours active et qui ne tend qu'à l'organisation (1). » Enfin, pour n'avoir pas à revenir sur ce point historique, voici ce que dit encore Buffon de la génération des entozoaires : « La génération spontanée s'exerce constamment et universellement après la mort, et quelquefois aussi pendant la vie. Les molécules surabondantes, qui ne peuvent pénétrer le moule intérieur de l'animal pour sa nutrition, cherchent à se réunir avec quelques parties de la matière brute des aliments, et forment, comme dans la putréfaction, des corps organisés : c'est là l'origine des ténias, des ascarides, des douves, et de tous les autres vers qui naissent dans le foie, dans l'estomac, les intestins, et jusque dans le sinus des veines de plusieurs animaux ; c'est aussi l'origine de tous les vers qui percent la peau..... (2). »

Il est vrai qu'examinés avec de mauvais microscopes, les infusoires semblent n'être qu'une simple masse de gelée vivante, et peuvent passer pour ces prétendues molécules organiques de Buffon. Les tissus des animaux, imparfaitement étudiés, avec des grossissements peu considérables, offrent aussi un aspect granuleux qui a pu les faire regarder comme composés de la réunion de corpuscules ou globules, auxquels il était facile, avec une imagination comme celle de Buffon, d'accorder une vie propre. Plusieurs observateurs sont tombés dans une erreur analogue sur la structure des tissus, à une époque encore peu éloignée de la nôtre : tel est Milne Edwards (3), qui professe aujourd'hui sur le même point des idées bien différentes. Mais en ce moment, nos connaissances histologiques ne nous permettent plus de doute, et il est certainement inutile de réfuter les idées de Buffon sur ce sujet.

Deuxième hypothèse. — Vers la fin du dernier siècle, Spallanzani commença, sur la formation des infusoires, des recherches dont nous aurons bientôt l'occasion de parler : troublé dans ses conclusions par quelques idées préconçues, il n'en tira peut-être pas tout le parti qu'il devait. Plus tard, en France, Fray (4) fit de nombreuses expériences avec toute la minutie des chimistes et des physiciens. Mais elles furent plus nuisibles qu'utiles à la doctrine qu'il voulait défendre ; car elles le conduisirent à admettre que, dans les infusions se produisent non-seulement des animaux microscopiques, mais même des vers de terre, des colimaçons, et jusqu'à des insectes d'une organisation compliquée, des podures, des cousins, etc. Dugès reconnaît qu'il y a eu dans ces expériences quelque cause d'erreur, comme dans les expériences plus récentes de Crosse, qui aurait produit des acariens dans des solutions de silice déposées sur un morceau de lave et soumises à l'action de la pile.

En Allemagne, Gleichen, Gruithuisen, Burdach, Treviranus et quelques autres firent de nouvelles expériences. Burdach, qui les rapporte et les résume toutes, n'en conclut néanmoins la génération spontanée que pour les êtres inférieurs. Voici comment il en explique la possibilité : « Comme la plasticité individuelle, dit-il, ne peut que conserver les organes supérieurs (viscères, muscles, nerfs, etc.) par

(1) *Ouvr. cit.*, Suppl., t. IV, p. 343.
(2) *Ouvr. cit.*, Suppl., t. IV, p. 341.
(3) *Répertoire général d'anatomie et de physiologie*, publié par Breschet. Paris, 1827, t. III, p. 47.
(4) *Essai sur l'origine des corps organisés et inorganisés.* Paris, 1817. — Quoique publiées en France seulement en 1817, ces expériences datent de 1800 et 1807. Une partie fut publiée en Allemagne en 1807.

la nutrition, tandis que pour ce qui concerne les organes inférieurs (tissu cellulaire, vaisseaux capillaires, os, etc.), elle est apte à produire de nouveau, soit en ajoutant à ce qui existe déjà, soit en régénérant les parties perdues; de même la génération ne saurait maintenir les organismes supérieurs que par propagation, mais peut, lorsque les circonstances sont favorables, créer de nouveaux organismes inférieurs (1). » Malheureusement pour la théorie, il n'y a pas tout à fait parité entre la régénération et la génération ; et les assertions de Burdach, sur la différence de régénération entre les muscles, les nerfs, le tissu cellulaire, les os, etc., ne sont pas tout à fait justes. Burdach pense d'ailleurs que la génération spontanée ne s'exerce guère que sur des substances organiques : « Si la force plastique de notre planète, dit-il (2), a été autrefois plus puissante qu'elle ne l'est aujourd'hui, on peut penser que la génération primordiale a été mise en jeu jadis par des dépôts inorganiques produits au sein des eaux ; mais qu'aujourd'hui elle a lieu, sinon exclusivement, du moins principalement lorsqu'on fait infuser dans l'eau une substance qui a joui de la vie. ».

En résumé, les travaux de ces expérimentateurs modernes semblèrent, non pas confirmer les idées de Buffon, qui n'étaient que de simples suppositions, mais prouver que la substance organique morte peut devenir le siége d'une fermentation, et, par suite, donner naissance à des granules, desquels se développeraient, comme des véritables ovules, les êtres infusoires. « Dans la propagation par œufs, dit Burdach (3), le nouvel individu se forme aux dépens d'une masse amorphe de granulations microscopiques qui se décomposent. De pareilles analogies ne permettent pas de regarder comme absolument impossible que de la substance grenue, produite par la décomposition de la matière organique, il se développe un animal d'une autre espèce, pourvu de bouche, de cavité digestive, d'organes locomoteurs, quoique d'ailleurs d'une structure fort simple. »

On verra qu'aucune de ces deux hypothèses n'est fondée sur les faits. Mais, il faut le dire, avant même que l'expérience eût répondu d'une manière qui nous paraît aujourd'hui décisive, on avait émis, sur la nature du phénomène dont nous nous occupons, une opinion plus logique. De tout temps, en effet, on a cherché à expliquer la génération des infusoires par le développement d'œufs ou de germes, c'est-à-dire par un mode semblable à celui par lequel nous voyons se former les autres êtres vivants, qui naissent de parents semblables à eux. Faut-il admettre alors que ces germes se trouvent répandus partout, dans l'air, dans l'atmosphère, dans les eaux, etc. ; en un mot, faut-il admettre la dissémination des germes de Bonnet ? C'est là une seconde question qu'il nous faudra bientôt discuter.

II. Mais avant de répondre à cette difficulté et à quelques autres qu'on a élevées contre le mode de reproduction des infusoires que nous adoptons, nous devons exposer les expériences que tant d'observateurs ont tentées dans le but de résoudre une question si controversée, et signaler surtout les caractères de précision nécessaires à ces expériences pour qu'elles puissent faire naître la certitude.

(1) BURDACH, *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. I, p. 10.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 417.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 12.

Les premières expériences semblèrent tout à fait favorables à l'opinion des générations spontanées. Telles furent celles de Leeuwenhoek et de Needham qui découvrirent les infusoires. Plus tard, les observations d'un grand nombre de physiologistes et de naturalistes, et notamment de Spallanzani, de Wrisberg, de Gleichen, d'O. F. Müller, d'Ingenhousz, de Fray, de G.-R. Treviranus, de Gruithuisen, de Burdach, de Schultze, d'Ehrenberg, de Dujardin, etc., tout en étendant beaucoup nos connaissances à cet égard, ont pu donner lieu encore aux conclusions les plus opposées.

Spallanzani vit que les substances organiques cuites sont tout aussi propres que celles qui n'ont pas bouilli à donner naissance à des infusoires; que l'eau distillée est aussi favorable à leur développement que l'eau ordinaire; que l'air atmosphérique est nécessaire à ce développement, et surtout qu'on ne voit naître aucun infusoire dans les infusions qu'on a fait bouillir en vases clos. Cependant il resta dans le doute : « Les infusoires, dit-il, tirent sans doute leur première origine de principes préorganisés; mais ces principes sont-ils des œufs, des germes, ou d'autres semblables corpuscules? S'il faut offrir des faits pour répondre à cette question, j'avoue ingénument que nous n'avons sur ce sujet aucune certitude (1). »

Wrisberg (2) prouva la nécessité de l'influence de l'air atmosphérique, en démontrant qu'il ne se produit aucun animal dans les infusions recouvertes d'une couche d'huile.

Treviranus (3) dit que la diversité des substances organiques en infusion entraîne aussi des différences dans les infusoires qui s'y forment, que la lumière exerce sur cette production une influence considérable, etc., et il arriva à soutenir une opinion fort analogue à celle de Buffon sur les molécules organiques.

Une des productions qui a le plus occupé les partisans de la génération spontanée est la matière verte de Priestley. Étudiée surtout par Ingenhousz (4), elle apparaît aussi dans les conditions dont nous venons de parler, sous l'aspect d'une croûte verdâtre, à granulations rondes et elliptiques, qui, d'abord isolées et douées de légers mouvements, paraissent se transformer plus tard en filets transparents qui se meuvent d'une manière irrégulière. Suivant R. Wagner (5), elle ne serait qu'un assemblage de cadavres d'animalcules verts (entre autres de l'*Euglena viridis*), ses filets mobiles seraient des êtres différents; et Ingenhousz aurait eu le tort de ne les considérer que comme des transformations des premiers.

En général, les recherches des observateurs dont nous avons cité les noms portèrent successivement sur l'influence exercée par la nature du corps solide ou de la substance à infuser, sur celle de l'eau dans laquelle on la laisse infuser, de l'air qui est en contact avec elle, de la lumière qui l'éclaire, etc. Il serait beaucoup trop long de rapporter leurs nombreuses expériences, dont les observations subséquentes ont beaucoup amoindri la valeur. Nous nous contenterons d'en signaler les résultats.

Pour ce qui est du *corps solide*, tous les corps organisés, après qu'ils ont perdu la vie, ou les diverses parties de ces corps (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits, cerveau, poumons, foie, muscles, excréments, etc.); les principes immédiats qu'on

(1) SPALLANZANI, *Opuscules de physique animale et végétale*. Paris, 1787, t. I, p. 230.
(2) *Satura observationum de animalculis infusoriis*, etc. Gœttingue, 1765, p. 83, 86.
(3) *Biologie*. Gœttingue, 1822, t. II, p. 325.
(4) *Miscellanea physico-medica*. Vienne, 1795.
(5) *Manuel de physiologie* de J. MÜLLER. Paris, 1845, t. I, p. 11.

extrait des corps organisés et qui sont encore susceptibles de décompositicolle
cus, farine, extractif, albumine, fibrine, etc.); et encore le terreau, la stances
des relieurs, la bière blanche aigrie, le mauvais vinaigre; enfin certainaisen (1);
inorganiques, le granit, l'anthracite, le marbre coquillier, d'après G de donner
le sel de cuisine, le salpêtre, d'après Treviranus (2), sont suscep
naissance à des infusoires.

Quant à l'*eau*, on a employé successivement l'eau de ro que Gleichen dit
être la plus féconde (3), l'eau de pluie ou de source f , l'eau conservée
quelques mois en vases clos, enfin l'eau bouillie et dis ous avons vu comment

La présence de l'*air atmosphérique* est indispensabl qu'il ne se formait des
Wrisberg l'a prouvé. Spallanzani (4) avait aussi re é quand ceux-ci contenaient
infusoires dans des vases hermétiquement ferm s les fissures occasionnées par
assez d'air, ou qu'il avait pu en pénétrer à t vu se développer sous l'influence
l'action de la chaleur. Fray (5) prétend en
du gaz hydrogène et sous celle de l'azote. de l'*électricité*, sur la production des

L'influence de la *chaleur*, de la *lumi* qu'exercent ces agents impondérables sur
infusoires, ne paraît pas différer de ce
le développement de tout être orga re des infusoires dépendait de la nature de ces

Enfin, on a prétendu que la p eur proportion respective, etc.
trois corps (solide, eau, air), d point, puisque les faits sur lesquels est fondée cette

Il est inutile d'insister sur d'aucune rigueur. Burdach (6), après avoir rapporté
assertion ne sont emprein es en commun avec Hensche et Baer, et qu'il appelle
les expériences qu'il a f ce qu'un autre physiologiste (J. Muller) ne leur accorde pas
décisives, se plaint d e ne vois, dit-il, dans son objection qu'un parti pris de nier
la même valeur. e expérience décisive, plutôt que de renoncer à une hypothèse
la possibilité d endant nous partageons pleinement à cet égard la conviction de
favorite. » C nous disons avec lui (7) : « Quoique quelques observateurs aient
J. Müller, é à la fois sur des infusions de substance organique, sur de l'eau dis-
expérimenté t sur des gaz artificiels, la précision nécessaire pour établir un résultat
tillée

fusio. du dégoût préparée. 2° Il faut veiller à ce qu'il ne puisse pas s'en introduire ces cependant tout le temps que doit durer l'expérience. Voyons comment

Nous avons été remplies.

auxquelles il tendu Milne Edwards raconter plusieurs tentatives infructueuses, des générations, il y a un certain nombre d'années, dans le but de provoquer l'eau, il faisait bouoques. Ayant mis dans un tube de la matière organique et de ver, bouchait le tube liquide afin de tuer les animaux qui auraient pu s'y trouse formait dans ces infusions étirant son extrémité à la lampe. Aucun infusoire ne des animalcules s'y développait même après un laps de temps très long. Au contraire, lablement chauffé. On pouvait toujours, quand l'appareil n'avait pas été préase renouvelant pas à la surface objecter avec raison à ces expériences que l'air ne ne pût y prendre naissance. l'infusion, il n'était pas étonnant qu'un animal

Mais plus tard, Schultze (1) fit expériences plus concluantes. La première échoua, dans les circonstances suivantes : Il prit un vase à deux tubulures, dans lequel furent mises de l'eau distillée et matières organiques, telles surtout que du poivre, signalées comme les plus propres au développement des infusoires; puis, ayant tué tout ce qu'il pouvait y avoir de vivant dans le bocal, en le plongeant dans un bain-marie très chaud, il plaça solennellement l'appareil sur sa fenêtre, pour le mettre en contact avec l'air extérieur. Au bout de peu de temps, des infusoires s'y montrèrent.

Dans une autre expérience, Schultze employa plus de précautions. Ayant tout disposé d'abord comme dans la précédente, au lieu de laisser arriver librement l'air atmosphérique en contact avec son mélange, cet observateur prit le soin de lui faire subir d'abord un lavage qui, sans altérer sa composition, le purgeait de tout germe et de toute matière organique qu'il pourrait tenir en suspension. Pour atteindre ce but, il ne le laissa se renouveler dans les flacons qu'à l'aide de deux tubes, placés dans les deux tubulures : l'un de ces tubes était destiné à l'entrée de l'air; l'autre muni d'un appareil d'écoulement, en déterminait la sortie et le renouvellement continuel. Au tube qui était destiné à son entrée, Schultze adapta un appareil, renfermant des réactifs que l'air était obligé de traverser avant d'arriver dans le vase, et où il se lavait complétement, de manière que tout être organisé ou tout germe d'animal qui y aurait été contenu fût incontestablement détruit. Le réactif dont il se servit de préférence fut l'acide sulfurique concentré; et, pour qu'après ce passage, l'air ne restât pas chargé d'acide, il lui fit traverser un second bain formé seulement d'eau pure. Or, quelle que fût la durée de l'expérience, tant que celle-ci fut continuée avec le même soin, jamais le moindre infusoire, ni animal, ni végétal, ne se développa. Ainsi, on peut hardiment en conclure que de la matière organique, de l'eau et de l'air ne suffisent pas pour produire un être vivant. A la fin, Schultze déboucha le vase, et au lieu de n'y laisser arriver que de l'air purifié, il y laissa pénétrer, comme dans sa première expérience, de l'air ordinaire, c'est-à-dire de l'air chargé de toutes les matières pulvérulentes qu'il peut tenir en suspension et charrier d'un lieu à un autre; et, au bout de trois jours, apparurent des infusoires.

Schwann (2) a fait des observations analogues : il a reconnu que les liquides

(1) *Annales de* POGGENDORF, 1837, p. 41. Voyez aussi *Edinburgh new Philosophical Journal*, octobre 1837; et *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, 1837, t. VIII, p. 320.

(2) *Sur les générations équivoques* (*Annales de* POGGENDORF, 1837, p. 184).

bouillis et chargés de matières organiques, qu'on met en contact avec de l'air préalablement soumis à la chaleur rouge, mais riche encore en oxygène et souvent renouvelé, ne produisent ni infusoires, ni moisissures, et ne subissent pas la putréfaction. Après lui, plusieurs observateurs ont répété ces expériences avec le même succès.

Il est donc inutile de recourir au prétendu mode de formation attribué, par Burdach et tous les spontéparistes, aux animaux infusoires. Non-seulement les faits sur lesquels il est fondé sont bien loin de concorder entre eux, mais on voit encore que l'expérience précise le repousse de la manière la plus formelle.

IV. Cependant les partisans de l'hétérogénie, ayant cru trouver dans leur hypothèse une explication plus facile que dans celle des germes, et ayant soulevé contre cette dernière toutes sortes d'arguments, il nous faut répondre maintenant à leurs objections, et, après avoir prouvé que tout fait empreint de positivisme repousse la génération spontanée des infusoires, il nous faut démontrer en même temps que rien ne s'oppose à l'intelligence d'un mode plus normal de génération à l'égard de ces animalcules.

Comment se fait-il, répètent sans cesse les adversaires de l'existence des germes, qu'on n'aperçoive pas ces germes eux-mêmes qui doivent être si nombreux et disséminés partout ? Mais on peut leur répondre qu'il n'y a rien là de surprenant, puisqu'il faut déjà des instruments très puissants pour voir les animaux qui en proviennent.

Comment peut-il arriver, reprennent les spontéparistes, que ces germes soient transportés partout ? Et alors ils s'élèvent surtout contre la puissance des courants atmosphériques, laquelle est pourtant si incontestable. Or, ce que nous savons de cette puissance doit nous rendre facile à comprendre le transport de corpuscules aussi petits, aussi légers que des germes d'infusoires, et dont un nombre infini pourrait former à peine une masse comparable à un faible nuage de poussière. Les cendres du Vésuve n'ont-elles pas été transportées, par le seul intermédiaire de l'air, non-seulement dans toute l'Italie, mais dans des lieux plus éloignés encore ? La seule force des courants atmosphériques et des ouragans n'est-elle pas la cause de ces pluies de crapauds et de poissons dont personne ne récuse l'étonnante authenticité ? Et, pour indiquer seulement la possibilité d'autres moyens de transport, les œufs des animaux qui vivent dans l'eau ne peuvent-ils pas être portés d'un lieu dans un autre, par leur adhésion aux pieds des oiseaux aquatiques, ou par toute autre cause analogue, aussi simple et aussi fréquente ?

Si ces germes sont répandus partout, ajoute-t-on, il doit y avoir un gaspillage de produits inconcevable. Mais n'est-il pas évident qu'il doit y avoir partout des pertes semblables, surtout dans les rangs inférieurs de l'organisation ? A mesure qu'on descend dans l'échelle des êtres, on voit que, pour que leur nombre reste à peu près le même et que leur production et leurs pertes se compensent par un balancement réciproque, le nombre des germes, et celui des œufs se multiplient de plus en plus. C'est un fait irrécusable et nécessaire aux harmonies de la nature. Ainsi, il est probable qu'en général un champignon est remplacé par un champi-

gnon, et cependant Fries (1) a remarqué que le nombre des spores du *Reticularia maxima* est de dix millions. Il faut donc, dans ce cas particulier, dix millions de germes pour la production d'un individu dans l'économie générale de la nature. Le même fait s'observe, bien que dans des proportions en général plus exiguës, chez la plupart des animaux. Combien le nombre des œufs pondus, chez les animaux inférieurs, et même chez les insectes, chez les poissons, n'est-il pas considérable, comparé à celui des sujets qui arrivent à l'état adulte, et qui, remplaçant leurs parents, atteignent le but final de représenter et de continuer l'espèce! Chez les mammifères eux-mêmes et dans l'espèce humaine, un grand nombre d'œufs se forment qui ne sont jamais fécondés; et parmi ceux qui l'ont été, combien périssent pour quelques-uns qui prospèrent! Et le sperme, cet autre élément de la reproduction, n'est-il pas sécrété, chez les animaux les plus élevés, en quantité de beaucoup supérieure à celle que réclamerait seulement son emploi utile? Que d'œufs de grenouille ne féconde-t-on pas avec une goutte de sperme du mâle! Quel petit nombre de spermatozoïdes voyons-nous autour de l'œuf fécondé des mammifères, relativement à la quantité innombrable qu'en introduisent des éjaculations plus ou moins répétées dans les organes générateurs des femelles! Je ne sais si, rigoureusement parlant, on trouve dans les germes des infusoires une prodigalité pareille. Loin d'y voir une profusion inutile, admirons plutôt cette extrême libéralité de la nature pour assurer la continuité des espèces.

Une dernière objection, à laquelle les partisans de la génération spontanée ajoutent un grand poids, est la suivante : Dans un grand nombre de cas, disent-ils, on voit des êtres se former dans des lieux où, depuis fort longtemps, on n'avait vu des êtres semblables. Comment auraient-ils pu s'y développer, si ce n'est spontanément? Rien n'est plus vrai, sans doute, que ces sortes d'apparitions souvent surprenantes; mais rien n'implique moins la nécessité d'une génération spontanée. On le sait, en effet, un grand nombre de germes, des animaux même peuvent conserver l'aptitude à vivre ou à se développer, quoique la vie semble annihilée chez eux, et qu'elle y reste plus ou moins de temps tout à fait latente. Il est facile de citer une multitude d'exemples de cette singulière faculté.

Le fait est peut-être plus frappant pour les plantes que pour les animaux. Tournefort raconte que des marécages, desséchés depuis longtemps, s'étant renouvelés, environ un siècle après leur desséchement, par suite de pluies abondantes, on vit s'y développer de nouveau des plantes marécageuses, qui n'avaient point paru dans le même lieu tant qu'il n'y avait pas séjourné de l'eau. Des exemples de ce genre sont très multipliés dans la science. Franklin (2) rapporte qu'en Amérique, quand on a brûlé des forêts de pins, quelques années après on voit naître des peupliers à la même place. Sur les lieux qu'occupaient les forêts vierges de l'Amérique, après qu'on en a opéré la destruction, on voit pousser des trèfles (3). Dira-t-on que, dans tous ces cas, et mille autres qu'on pourrait citer, il y a eu génération spontanée? N'est-il pas plus naturel de supposer que les graines de ces diverses plantes sont venues d'ailleurs, à l'aide des courants atmosphériques ou de tout autre moyen

(1) *Systema orb. vegetal.*
(2) FRORIEP'S *Notizen*, t. VII, p. 193.
(3) HOFMANN, dans FRORIEP'S *Notizen*, t. VIII, p. 116.

de transport qui peut nous échapper? Ou bien ne peut-on pas admettre qu'elles séjournaient, depuis longtemps, dans le lieu même où elles ont poussé, et qu'elles y ont conservé leur vitalité jusqu'au moment où les circonstances ambiantes, venant à changer, leur ont permis de prendre leur développement?

Link (1) rapporte que, lorsqu'une source d'eau salée vient à sourdre loin de la mer, on voit bientôt croître, aux alentours, des végétaux qui n'habitent que les terres imprégnées de sel ou les rivages de la mer. Burdach (2) se hâte d'en conclure que le changement de nature du sol a suffi pour produire des végétaux d'espèces différentes; et, ajoutant à cet exemple celui des plantes nouvelles qui croissent sur les lieux ravagés par l'incendie, il dit: « Il est parfaitement conforme à l'analogie avec la formation des infusoires, que les produits de la combustion, variant selon la nature du sol et celle des substances combustibles éparses à sa surface, donnent lieu aussi au développement de plantes différentes. » C'est ainsi qu'il prend toujours le changement des circonstances extérieures, et par suite des conditions d'existence des divers êtres organisés, pour la cause même de la production de ces êtres. N'est-il pas plus simple de n'y voir que la cause de leur développement, que la possibilité pour eux de vivre dans des lieux où l'on n'avait pu les voir encore, parce qu'ils n'avaient pu y trouver jusque-là les éléments nécessaires à leur existence? Du reste, des expériences précises nous démontrent que cette conservation des graines, que la persistance de leurs propriétés vitales et de leur pouvoir germinatif, quelque étonnantes qu'elles puissent nous paraître, sont néanmoins des faits irrécusables. Ainsi, on a vu germer des graines de sensitive qui étaient, depuis soixante ans, dans l'herbier de Tournefort; des haricots recueillis depuis cent ans, des mousses conservées aussi depuis deux cents ans; enfin, du blé et du riz trouvés dans les plus anciens monuments de la vieille Égypte. N'y eût-il aucune cause d'erreur dans l'expérience de Fray qui a vu se développer des animalcules dans l'infusion des débris d'une momie, les faits que nous venons de citer suffiraient pour lui ôter tout cachet de spontéparité.

Les œufs des animaux ne paraissent pas, il est vrai, pouvoir conserver leur viabilité pendant un temps aussi long; mais encore plusieurs sont-ils susceptibles de la garder durant un certain nombre de mois et même d'années. Tout le monde sait qu'en soumettant les œufs de vers à soie à une basse température, les agriculteurs parviennent à les conserver pendant un temps assez considérable. Chez plusieurs animaux (et notamment chez quelques-uns assez parfaits en organisation pour qu'on ne puisse plus élever aujourd'hui à leur égard seulement le soupçon de génération spontanée), on a constaté des faits analogues à ceux que nous avons cités chez les végétaux. Ainsi, on a vu des animaux paraître, à certaines époques, dans des lieux où on ne les avait pas rencontrés depuis fort longtemps. Adanson a vu, au Sénégal, de petits marais, desséchés neuf mois de l'année, qui, plus tard, lorsqu'il avait plu, se peuplaient de poissons dont les espèces étaient différentes de celles qui peuplaient les eaux environnantes. Sans aller si loin, on voit souvent les eaux pluviales des fossés qui restent à sec la majeure partie de l'année, et quelquefois plusieurs années de suite, se peupler rapidement de myriades de petits crustacés, en particulier de daphnies, de cypris, de cythérées, même d'animaux d'assez grande taille, comme les branchipes, les apus: Desmarest l'a surtout remarqué

(1) *Elementa philosophiæ botanicæ*, p. 462.
(2) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. I, p. 42.

pour ces derniers (1). Il y a quelques années, dans la forêt de Fontainebleau, on trouvait des flaques d'eau pleines de petits crustacés bien connus des naturalistes, longs de 4 centimètres, nommés *apus*, et qu'on ne rencontrait pas dans les lieux voisins. Une année, ils disparurent complétement, et, pendant les deux ou trois années qui suivirent, on n'en trouva plus du tout; puis ils reparurent bientôt en grand nombre. Comment expliquer tous ces phénomènes, si ce n'est en disant que les germes de ces divers animaux étaient restés viables dans la vase, tant que les circonstances favorables à leur développement ne s'étaient pas présentées? Entourés d'une humidité suffisante, et protégés par la surface desséchée, végétante même, du marécage, ils ont bien pu s'y conserver longtemps sans périr. D'un autre côté, les courants atmosphériques, l'adhésion aux pieds des oiseaux aquatiques, dont il a déjà été question, et plusieurs autres moyens de transport, auraient pu les faire passer d'un autre lieu dans celui qui est devenu le berceau de leur développement.

Du reste, ce ne sont pas seulement les germes d'un grand nombre d'êtres qui sont susceptibles de conserver leur viabilité, malgré le desséchement et l'absence de toutes les circonstances nécessaires à leur évolution. Plusieurs animaux, déjà développés, paraissent être aussi doués de la même faculté. Spallanzani (2) constata, en examinant les mousses qui se trouvent sur les toits, dans les gouttières, l'existence de petits animaux, curieux à bien des égards, et qu'on connaît sous le nom de *rotifères*: ces animaux desséchés ne donnent aucun signe de vitalité et ressemblent à des grains de poussière; mais, dès qu'on leur donne de l'eau et qu'ils en sont humectés, ils reviennent à la vie et se font même remarquer par la vivacité de leurs mouvements. On critiqua d'abord le fait: Bory-Saint-Vincent (3) admit que les rotifères desséchés mouraient inévitablement, et que si l'on avait cru voir ces animalcules desséchés revivre, on n'avait vu en réalité que de nouveaux animalcules provenant d'œufs promptement développés. Ehrenberg (4), tout en supposant que le rotifère continuait à vivre, garanti par la mousse et le sable, pensa néanmoins que, loin d'être interrompus, les actes vitaux se poursuivaient en lui avec la même rapidité, et il admit qu'entre le rotifère qu'on examinait avant le desséchement et celui qu'on retrouvait après, il y avait une suite de générations intermédiaires; en un mot, que celui-ci n'était qu'un des arrière-petits-enfants de celui-là. Mais on a repris ces expériences, et l'on a vu que non-seulement Spallanzani avait bien observé, mais que cette mort apparente peut même durer pendant neuf mois. Les tardigrades, les vibrions qu'on trouve dans les grains de blé rachitique, etc., jouissent de la même faculté. Doyère (5), en poursuivant les recherches de Spallanzani, a vu un fait plus curieux encore; c'est que, malgré la loi générale d'après laquelle toute vie est incompatible avec une température trop élevée, ces animaux, une fois desséchés, peuvent, sans périr, être soumis à une très forte chaleur. Descloizeaux (6), il est vrai, a présenté à l'Académie des sciences des conferves recueillies en Islande, et qu'il avait trouvées végétant

(1) Dugès, *Physiologie comparée*. Montpellier, 1839, t. III, p. 201.
(2) *Opuscules de physique animale et végétale*, t. II, p. 299.
(3) *Encyclopédie méthodique*, 1824, art. *Microscopiques* et *Vibrions*. — *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, art. *Rotifères*.
(4) *Die Infusorien als vollkommene Organismen*. Leipsick, 1838, p. 492.
(5) Suite de son *Mémoire sur les Tardigrades* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1842, t. XVIII, p. 5.
(6) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXIII, p. 934.

dans la source thermale de Gröf à une température de 98 degrés ; mais en général il n'y a pas d'animaux qui résistent à une chaleur de plus de 50 degrés : à cette température, ils meurent tous, même très promptement. On conçoit qu'il doit en être ainsi, ne serait ce que par l'effet de la coagulation de l'albumine : mais Chevreul (1) a constaté que l'albumine, quand elle a été préalablement desséchée d'une manière lente, peut être fortement chauffée sans se coaguler, c'est-à-dire sans perdre la propriété de se redissoudre dans l'eau. C'est précisément ce qui est arrivé dans les expériences de Doyère, et, grâce sans doute à cette seule circonstance, ses animaux, après avoir été d'abord desséchés, ont pu être chauffés jusqu'à 120 degrés centigrades et même au delà, sans perdre néanmoins leur viabilité (*).

V. Après les présomptions que devaient faire naître les travaux des premiers observateurs attentifs, après les expériences positives que nous avons rapportées, et les réponses que nous venons de faire aux principales objections des partisans de l'hétérogénie, il nous semble peu logique d'admettre que des infusoires puissent naître spontanément.

Il est vrai que plusieurs des physiologistes, qui croient encore à ce mode de génération, en resserrent étroitement les limites : ils ne supposent pas que des êtres vivants puissent naître de composés minéraux et se contentent de les faire provenir de la dissociation de parties organisées, c'est-à-dire d'éléments ayant déjà appartenu à d'autres corps doués de la vie. Ainsi, ils pensent que la formation d'infusoires n'est pas, à proprement parler, une production primitive de matière organique, mais qu'elle suppose déjà l'existence d'êtres organisés. Aucune substance organique, en effet, ne paraît pouvoir se développer d'elle-même. Les végétaux vivants semblent avoir seuls le privilége de transformer les combinaisons binaires du règne minéral, l'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, en combinaison ternaire organique, et par suite en matière organisée. Les animaux, au contraire, d'après les vues générales émises et développées successivement par Burdach (2), J. Müller (3), J. Dumas (4), vivent en général de matières organiques déjà formées ; mais ils n'ont pas le pouvoir d'en créer eux-mêmes avec des éléments ou des composés minéraux : en un mot, leur existence suppose celle des végétaux.

Néanmoins nous ne croyons pas que, même avec cette restriction, on puisse admettre davantage la génération spontanée des infusoires. Ainsi, dans tous les cas que nous venons d'examiner, nous ne reconnaissons aucune hétérogénie ; nous y voyons seulement une révivification de certains animaux dont la vie était restée latente par l'effet du desséchement ou de quelque autre circonstance ; ou bien un développement de germes qui étaient demeurés plus ou moins de temps sans éclore, parce qu'ils ne se trouvaient pas dans des circonstances favorables à leur évolution.

D'ailleurs Ehrenberg (5) a découvert la véritable germination des semences de

(1) *De l'influence que l'eau exerce sur les substances azotées solides* (*Ann. de chimie et de physique*, t. XIX, p. 41).

(*) A propos de la controverse qui vient de s'élever, à ce sujet, entre DOYÈRE et POUCHET, consultez surtout l'intéressant travail de GAVARRET, intitulé : *Nouvelles expériences sur les Rotifères, les Tardigrades et les Anguillules des mousses des toits* (*Journal du Progrès*, t. IV, p. 421, et t. V, p. 1).

(2) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. IX, p. 401.

(3) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. I, p. 16.

(4) *Essai sur la statique chimique des êtres organisés*, 3e édit., février 1844.

(5) *Nova Acta nat. curios.*, vol. X (citation de J. MÜLLER, dans *Manuel de physiol.*, t. I, p. 13).

champignons et de moisissures, et par là le mode de propagation de ces végétaux. Il a fait voir comment on peut produire de nouvelles moisissures avec des graines de moisissures, et il a rendu probable que, dans le cas où ces êtres apparaissent d'une manière inopinée, leurs graines, disséminées par l'eau ou par l'atmosphère, n'ont fait que trouver le sol nécessaire à leur germination. Quant aux animaux infusoires, non-seulement Ehrenberg a reconnu qu'un grand nombre a une structure compliquée, mais il a pu, chez plusieurs, observer des œufs et la propagation par des œufs, chez d'autres la propagation scissipare, ou bien encore celle par gemmes ou bourgeons. Devant revenir sur ces divers modes de reproduction, nous ferons seulement observer ici que cette multiplication peut être extrêmement rapide : c'est ce que prouve l'exemple d'un rotateur (l'*Hydatina senta*), duquel, d'après Ehrenberg (1), peut résulter en dix jours un million d'individus. Si l'on ajoute à cela que le développement de ces animaux paraît être riche en formes successives, et qu'il peut arriver de prendre pour une différence d'espèces ce qui n'est qu'une différence entre quelques degrés de développement, on n'éprouvera plus aucune difficulté à se rendre compte ni de leur extraordinaire multiplication, ni de leur extrême diversité.

Bien que les observations d'Ehrenberg nous aient révélé les détails de structure les plus curieux dans les infusoires, il n'est pourtant pas exact de dire que tous ces animaux, les rotatoires exceptés, aient une organisation complexe, et notamment un estomac composé, comme l'admettait d'abord ce micrographe, qui leur avait donné le nom de *polygastriques* (2). Dujardin a démontré que plusieurs consistent seulement en une espèce de gelée vivante, de *sarcode*, pour nous servir de l'expression de ce naturaliste, susceptible de changer de forme tant au dehors qu'au dedans, pourvue d'organes locomoteurs (cils vibratiles), et dans laquelle les aliments se creusent progressivement un certain nombre de cavités stomacales, destinées à opérer une digestion successive des matières ingérées (3). Mais ces faits n'ôtent aucune valeur aux conclusions que la connaissance plus approfondie des infusoires permet de déduire contre l'hypothèse des générations primitives.

En outre, Ehrenberg n'est jamais parvenu à obtenir, à l'exemple de Treviranus, d'infusions déterminées, des formes d'infusoires également déterminées. Il a vu tantôt les unes, tantôt les autres se produire, quoique la préparation fût absolument la même. Cette assertion détruit celle de Gruithuisen (4), qui dit n'avoir jamais trouvé ces animaux parfaitement semblables de forme, de taille, etc., dans plus de mille expériences faites sur des infusions de substances diverses et au milieu de circonstances différentes; et celle de Burdach (5), qui prétend que les diverses espèces d'infusoires prennent une configuration en harmonie avec les circonstances. Le fait de cette différence, fût-il avéré, ne saurait d'ailleurs devenir un argument en faveur de la génération spontanée. Qu'y aurait-il d'étonnant, en effet, que certaines espèces ne pussent se développer que dans certains milieux, et d'autres espèces dans d'autres milieux, si, pour les infusoires, comme pour tous les animaux, les milieux constituent des conditions d'existence?

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. I, p. 138.
(2) EHRENBERG, *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*. Leipsick, 1838.
(3) DUJARDIN, *Mémoire sur l'organisation des Infusoires* (*Ann. des sc. natur.*, 2e série, *Zoologie*, 1838, t. X, p. 230).
(4) *Organozoonomie*. Munich, 1811, p. 164.
(5) *Traité de physiologie*, t. I, p. 76.

B. — De la génération spontanée des entozoaires.

La seconde question que nous avons à examiner, au sujet de l'hypothèse des générations spontanées, est celle de la formation des *vers intestinaux*, ou, plus généralement, des *entozoaires* et des *parasites*. Or, pour ces animaux, comme pour les infusoires, de quelque espèce qu'ils soient, à quelque profondeur qu'ils se trouvent placés, dans le foie, les muscles, l'œil, le cerveau, etc., il est impossible, aux partisans de l'hétérogénie, de prouver qu'ils se forment spontanément. Toutes les raisons alléguées aujourd'hui encore en faveur de cette opinion ne sont que des raisons négatives. De ce qu'on croit ne pouvoir pas expliquer autrement la présence d'un filaire dans le corps vitré, d'une douve dans le foie, ou de tout autre entozoaire dans un organe profond, également éloigné de la surface du corps ou de ses cavités naturelles et digestives, on arguë que ce filaire, que cette douve, que cet entozoaire a pris spontanément naissance dans le lieu où on le trouve. Et, comme il faut se contenter ici de l'observation directe, parce qu'on ne peut pas, pour la formation des entozoaires, comme pour celle des infusoires, provoquer la nature par l'expérimentation, tant qu'il restera un entozoaire dans lequel on n'aura pas vu des œufs ou qu'on n'aura pas surpris se reproduisant de quelque autre manière, les partisans de l'hétérogénie s'en feront une arme pour défendre leur opinion. Cependant tous les faits bien avérés, toutes les découvertes qui, chaque jour, ont fait mieux connaître l'histoire des helminthes, sont formellement contraires à l'hypothèse des générations spontanées. Il ne sera pas très long de passer en revue les points importants de la question, le sujet n'étant pas encombré d'expériences fautives, comme pour les infusoires, puisqu'ici on ne peut en faire ni de fausses ni de vraies.

Plusieurs savants, et surtout plusieurs naturalistes et médecins allemands, Morren, Rudolphi, Bremser, entre autres, croient encore à la génération spontanée des helminthes. Une telle opinion se répandit par leurs ouvrages, qui, d'ailleurs fort remarquables, ne nous donnaient des vers qu'une connaissance superficielle, incomplète et purement morphologique. Il était réservé aux travaux anatomiques, surtout aux plus récents, de redresser leurs erreurs et de nous donner une idée juste de l'organisation compliquée d'un grand nombre d'entozoaires.

Sans parler des premiers essais de Redi, Linné, Bloch, Pallas, O. F. Müller, ni même des travaux plus importants de Gœze et de Zeder, on peut regarder Rudolphi comme le fondateur de la science helminthologique. Mais, si dans son grand ouvrage (1), ainsi que dans les magnifiques planches que Bremser (2) y a ajoutées, la zoologie et l'histoire naturelle des helminthes ont fait un immense progrès, il faut avouer que l'anatomie et la physiologie de ces animaux n'y ont que fort peu gagné, et que nos connaissances sur cet objet, le seul qui puisse éclairer l'histoire de leur génération, sont restées à peu près ce qu'elles étaient auparavant. C'est à tel point que Rudolphi se refuse à admettre, dans les vers, l'existence d'un système nerveux, bien qu'elle y fût reconnue déjà par plusieurs de ses prédécesseurs.

(1) *Entozoorum historia naturalis*. Amsterdam, 1808. — *Entozoorum synopsis cui accedunt mantissa duplex et indices locupletissimi*. Berolini, 1819.

(2) *Icones Helminthum systema Rudolphii entoologicum illustrantes curavit* J. G. Bremser. Vienna 1824.

Bremser (1) lui-même publia, peu de temps après, une histoire des vers intestinaux de l'homme. Non-seulement il y décrivit ceux qui se trouvent dans son tube digestif et ceux qui séjournent en dehors de ce canal, il indiqua leur diagnostic et leur traitement; mais il fit précéder toute cette partie de son ouvrage d'une longue dissertation en faveur de la génération spontanée des entozoaires. Nous examinerons plus loin ceux de ses arguments qui méritent réfutation.

Mais, pour ce qui est des notions anatomiques positives, c'est Bojanus (2) qui, le premier, a démontré, du moins en partie, la composition du système nerveux dans un amphistome; de plus, dans le même amphistome, dans plusieurs distomes, cet observateur a fait connaître nettement le canal intestinal, les organes de la génération, et même, dans le *Distoma hepaticum*, l'existence d'un appareil vasculaire. On sent quel coup portent ces découvertes, qui datent déjà de plus de vingt ans, à l'hypothèse de la génération spontanée. Si ce mode de reproduction se concevait d'animaux qu'on ne supposait doués que d'une organisation obscure et uniforme, il devient bien plus difficile de l'admettre du moment qu'on reconnaît, dans ces animaux, des appareils organiques diversement caractérisés dans diverses classes, et surtout des organes générateurs et les produits de ces organes.

J. Cloquet (3) exposa, dans un mémoire assez étendu, l'organisation de l'ascaride lombricoïde et de l'échinorhynque géant. On y trouve la description des organes générateurs des mâles et des femelles: celle de l'ascaride est surtout très détaillée.

Dujardin, qui a publié une histoire naturelle des helminthes (4), a donné aussi, dans plusieurs mémoires, des détails sur l'organisation de ces animaux, sur la structure anatomique des *Gordius* et du *Mermis* (5), sur les helminthes des musaraignes, sur leurs métamorphoses et leurs migrations (6), sur l'embryon des entozoaires et les mouvements de cet embryon dans l'œuf (7).

Mehlis, Nordmann, Miran, Diesing et plusieurs autres ont aussi décrit, d'une manière plus ou moins parfaite, le système nerveux, l'appareil vasculaire, le canal digestif, les organes de la génération de plusieurs distomes, amphistomes, linguatules, diplostomes, etc.

E. Blanchard (8), dans ces derniers temps, a repris l'étude anatomique des entozoaires : il est parvenu à suivre les plus petits filets de leur système nerveux, à reconnaître par l'injection la forme exacte de leur canal digestif, et la richesse de leur appareil vasculaire, à saisir distinctement les caractères homologues ou différentiels des organes générateurs dans les diverses espèces; en un mot, à démontrer, dans ces animaux, une complication de structure qu'on était loin de soupçonner il y a quelques années.

Ainsi, d'un côté, la délimitation fort nette des espèces, fondée sur la forme géné-

(1) *Traité zoologique et physiologique des vers intestinaux de l'homme*, traduit par Grugier. Paris, 1824.

(2) *Entheiminthica*, in *Isis* von OKEN. Jahrgang 1821, erster Band, S. 162, 305.

(3) *Anatomie des vers intestinaux*. Paris, 1824.

(4) *Histoire naturelle des Helminthes ou Vers intestinaux* (dans les *Suites à Buffon*). Paris, 1845.

(5) DUJARDIN, *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 129.

(6) *Rec. cit.*, même série, t. XX, p. 320.

(7) *Rec. cit.*, même série, t. VIII, p. 303.

(8) *Recherches sur l'organisation des Vers* (*Annales des sciences naturelles*, 3e série *Zoologie*, 1847, t. VII, p. 87).

rale du corps, les caractères zoologiques extérieurs, et toutes les circonstances qui servent à établir des déterminations génériques et spécifiques en histoire naturelle, déjà si bien utilisées par Rudolphi, Bremser, Cuvier, de Blainville, Dujardin, etc., permettant de comparer sous bien des rapports les entozoaires avec un grand nombre de vers qui vivent dans les milieux extérieurs aux corps des autres animaux, doivent faire supposer que leur génération ne s'éloigne pas de celle de ces derniers; que, comme celle-ci, pouvant être à la fois scissipare, gemmipare ou ovipare, elle est surtout ovipare.

D'un autre côté, la structure compliquée de leur organisation, comparable à celle d'animaux semblables à eux, qui habitent les eaux douces ou la mer (*), différente dans les diverses formes spécifiques, de manière à confirmer les classifications zoologiques établies sur la forme extérieure, et même à les perfectionner dans un grand nombre de points, est aussi un motif puissant de supposer que les entozoaires ne sauraient se développer spontanément, surtout quand on sait que les organes de la génération et leurs produits ont été déjà vus et décrits dans un très grand nombre de types.

Se fondant sur ces dernières considérations, c'est-à-dire sur les données anatomiques, Blanchard établit, dans les vers, les classes suivantes : les *Anévormes* (**), comprenant les planaires, les trématodes, les douves, les amphistomes, les tristomes, etc. ; les *Cestoïdes*, dans lesquels il range les ténias, les bothriocéphales, les cysticerques, etc. ; les *Helminthes* proprement dits, c'est-à-dire les filaires, les strongles, les ascarides, etc. ; enfin les *Némertines*, et quelques autres.

Pour ce qui concerne les organes de la reproduction dans les classes précédentes, « Chez les anévormes, dit cet observateur, ces organes ont une constance assez grande; ils permettent de distinguer ces entozoaires des autres vers. Les hirudinées et les scoléides (lombricinés) sont les seuls qui s'en rapprocheraient bien notablement sous ce rapport (1). » — « Quant aux organes de la génération, les cestoïdes diffèrent non-seulement des helminthes nématoïdes, mais aussi des anévormes, des hirudinées et des scoléides; ils n'ont guère plus d'analogie avec les annélides proprement dits. Dans les ténias et dans les bothriocéphales, où le corps est nettement divisé en une longue série d'anneaux, il existe dans chacun d'eux, soit en même temps, soit alternativement, un ovaire et un appareil mâle, complétement distincts et séparés de ceux de l'anneau précédent et de l'anneau suivant. Dans les cestoïdes, dont le corps n'est pas divisé comme il l'est chez les précédents, les organes de la génération se multiplient néanmoins de la même manière dans toute la longueur du corps (2). » — « Toujours, ajoute E. Blanchard, les sexes sont séparés dans tous les animaux que nous rangeons dans la classe des helminthes; c'est encore un caractère général qui les sépare des anévormes et des cestoïdes (3). »

(*) Les circonstances biologiques, ici, comme chez les insectes et plusieurs autres animaux, ont fort peu d'importance ; elles ne tiennent guère qu'à la différence dans le choix de la nourriture. Aussi, en comparant l'organisation des planaires à celle des trématodes, BLANCHARD a-t-il trouvé que l'animal vivant dans les mares, dans les étangs, dans la mer, est très voisin de l'animal vivant dans le foie, dans l'intestin ou dans un autre viscère d'un mammifère, d'un oiseau ou d'un poisson. Bien plus, la même espèce est souvent aquatique pendant une période de sa vie, et parasite pendant une autre.

(**) Cette dénomination est destinée à rappeler, dans cette classe, l'absence caractéristique d'un véritable collier nerveux.

(1) E. BLANCHARD, *Rec. cit.*, p. 111.
(2) IDEM, *Rec. cit.*, p. 119.
(3) *Rec. cit.*, p. 128.

Enfin les récentes recherches de C. Davaine (1) sur le développement et la propagation du trichocéphale de l'homme et de l'ascaride lombricoïde démontrent que ces helminthes pondent des œufs, qui sont évacués avec les fèces, et que ces œufs, conservés dans l'eau et restés à l'état de vie latente pendant six et huit mois, finissent par donner naissance à des vers qui offrent, jusqu'à un certain point, la forme des adultes.

Ainsi, nous reconnaissons aux entozoaires des organes générateurs, nous savons qu'ils produisent des œufs, et en nombre immense, comme surtout le ténia, le bothriocéphale, etc. Ces œufs sont évidemment destinés à les reproduire, et non-seulement nous devons penser que c'est par le développement de ces œufs que naît un ver caractérisé comme le ténia, mais encore il nous est impossible de concevoir, avec Rudolphi (*), que ce dernier puisse se former spontanément. Aussi les partisans de la génération équivoque ne se refusent-ils plus à admettre que les entozoaires pondent des œufs, puissent même se propager par des œufs; mais ils se retranchent derrière la difficulté, l'impossibilité, disent-ils, que ces œufs soient portés dans les cavités du corps, ou dans l'épaisseur des tissus, et ils en concluent que, dans beaucoup de circonstances, les entozoaires ne peuvent se former que de toutes pièces, l'un d'entre eux du moins, sauf plus tard à ce que ce premier en engendre d'autres par scissiparité, par bourgeonnement ou par des œufs. C'est là, à proprement parler, le seul argument qu'ils puissent présenter encore en faveur de leur doctrine: c'est donc le seul que nous ayons à examiner. Nous allons essayer de prouver que, sinon dans tous les cas, du moins dans la plupart, il ne peut plus être d'aucune valeur, et qu'on peut toujours concevoir plus facilement le transport des œufs des helminthes que leur génération spontanée.

Il est d'abord un ordre de faits pour lequel le doute n'est plus permis aujourd'hui : ainsi on ne croit plus à la génération spontanée des poux, des acarus, des puces pénétrantes, des filaires de Médine, et de tous les parasites qui, déposant leurs œufs dans l'épaisseur de la peau, semblent au premier abord se développer au-dessous de l'enveloppe cutanée. Il en est de même des végétaux parasites, parmi lesquels un des plus remarquables est le *Botrytis paradoxa* ou *Bassiana :* on sait que le développement de cette moisissure provoque, chez les vers à soie, une maladie meurtrière connue sous le nom de *muscardine*. On croyait qu'elle était le résultat d'une génération spontanée provoquée par la mauvaise nourriture, le défaut d'aération ou toute autre cause d'insalubrité. Mais les recherches de Bassi (de Lodi) (2), d'Audouin (3), de Johanys (4), ont prouvé d'abord que ce cryptogame est inoculable, et qu'il suffit, pour le propager, d'une quantité extrêmement petite; puis, qu'il se développe toujours à l'ori-

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1858, t. XLVI, p. 1217.

(*) Rudolphi (cité par Dugès, *Physiologie comparée*, t. III, p. 201) croit avoir observé un fait remarquable de *génération spontanée* du ténia. Sur un chien, dont les intestins ne contenaient que deux articulations de ténia cténiforme, il rencontra, attachés à beaucoup de villosités et comme continus avec elles, de petits nœuds blanchâtres que le microscope démontra être autant de têtes de cette espèce de ténia, mais sans aucune autre partie de leur corps. Rudolphi fait remarquer, à ce sujet, que les plus petits de ces animaux, lorsqu'ils sortent de l'œuf, montrent déjà un assez grand nombre d'articles; ce qui prouverait, suivant lui, que ces capitules ne pouvaient provenir d'une génération ovipare.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. V, p. 314.

(3) *Ibid.*, t. VIII, p. 229, 257.

(4) *Ibid.*, t. XI, p. 65.

fice des trachées, c'est-à-dire dans les points où sont arrêtés les corpuscules entraînés par l'air atmosphérique qui pénètre dans les organes des insectes. De la connaissance de ces deux circonstances particulières, il est facile de conclure que la production du botrytis, chez les vers à soie, loin d'être spontanée, tient seulement au développement de germes transportés par l'air d'un point sur un autre (*).

Quant aux entozoaires, et surtout aux intestinaux, on a acquis la certitude, à l'égard d'un certain nombre, que leurs germes s'introduisent avec les aliments et qu'ils se développent ensuite dans le corps des animaux chez lesquels on les trouve. On a même vu des entozoaires déjà formés dans les corps d'insectes, de poissons, etc., passer avec ceux-ci dans le corps des animaux auxquels les insectes ou les poissons servent de nourriture; comme Dujardin (1) l'a observé pour plusieurs vers des musaraignes, dont il a décrit le développement et les migrations.

Il est probable que l'introduction des germes d'helminthes avec les aliments ou les boissons, constatée chez quelques animaux, est aussi chez l'homme la cause unique du développement des vers dans son intestin. Si l'on n'a pu encore prendre la nature sur le fait, on connaît du moins quelques circonstances qui donnent du poids à cette présomption. On remarque, en effet, qu'en Suisse les ténias sont très communs; et il suffit d'avoir habité le pays, pendant quelques années, pour avoir de ces entozoaires dans l'intestin. Il en est de même en Belgique : Bremser (2), qui cite ce fait curieux, le regarde comme inexplicable. Or, une circonstance purement agricole paraît être la cause de cette singularité : la méthode flamande de fumer les terres, employée en Belgique et en Suisse, consiste à verser directement sur le sol les matières excrémentitielles; en France, au contraire, on emploie pour engrais la poudrette, c'est-à-dire le résidu des excréments longtemps abandonnés aux agents atmosphériques, et sur lesquels ont agi toutes les causes pouvant détruire la vie dans les substances qui en étaient douées. Suivant toute probabilité, les germes des entozoaires, en Suisse et en Belgique, sont absorbés par les végétaux, et, ingérés avec ceux-ci sous forme d'aliments, passent de nouveau dans l'intestin de l'homme; tandis que le contraire a habituellement lieu en France. Mais on conçoit en même temps qu'il doit y avoir un bien grand nombre d'œufs détruits, pour quelques-uns qui prospèrent. Aussi ceux qui sont habitués à saisir les harmonies de la nature ne s'étonneront pas qu'un animal, relativement aussi rare que le ténia, produise néanmoins une quantité d'œufs presque innombrable : on ne peut s'étonner que d'une chose, c'est que de tels animaux puissent servir encore de prétexte à la génération spontanée. « Nous savons, dit E. Blanchard (3), que les vers sont, de tous les animaux, les mieux partagés sous le rapport des organes reproducteurs. Dans la plupart d'entre eux, les ovaires occupent la plus grande partie du corps, et les œufs se comptent par milliers et centaines de milliers. Ce fait seul indique que les produits des vers sont exposés à bien des chances de destruction, et qu'ils arrivent pour ainsi dire par hasard à être introduits dans le lieu où ils peuvent se développer. Mais l'examen des vers intestinaux, on le comprend facile-

(*) Voyez aussi un rapport de DUTROCHET sur les *travaux relatifs à la muscardine* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, t. IX, p. 5).

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, *Zoologie*, t. XX, p. 329.
(2) *Traité des Vers intestinaux*. 1re partie. Paris, 1824.
(3) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, *Zoologie*, t. VII, 131.

ment d'après ce nombre incalculable d'œufs, doit laisser dans l'étonnement, en pensant que ces animaux ont surtout servi d'exemple pour répandre les idées de génération spontanée. »

Ainsi, il est aussi facile d'expliquer la présence des vers dans le tube digestif que celle des parasites dans l'épaisseur de la peau.

Il ne reste à résoudre qu'un point de la question, c'est-à-dire l'origine des entozoaires qu'on trouve dans l'épaisseur des tissus, et jusque dans le corps des embryons. C'est le seul sur lequel il règne encore réellement quelque obscurité. J. Müller fait, à ce sujet, un aveu complet d'indécision. « En réalité, dit-il (1), on trouve ici autant d'invraisemblances, quand on se propose de réfuter la génération spontanée que quand on veut l'admettre. Les œufs des entozoaires sont évidemment trop gros, pour pouvoir passer, des organes où vivent ces animaux, dans les vaisseaux lymphatiques, pour circuler dans les capillaires sanguins, et enfin pour arriver dans les produits sécrétoires, dans le lait, le jaune de l'œuf, etc. (*). L'hypothèse de la transmission des vers intestinaux de la mère à l'enfant est en contradiction manifeste avec les données expérimentales de la micrométrie, à moins de supposer que les plus petites parcelles de substance reproductive de ces animaux sont tout aussi aptes que l'œuf entier à les propager. »

D'abord, cette dernière raison peut être vraie. Puis, je ferai observer que, outre que nous sommes loin de connaître la mesure des œufs d'un grand nombre d'entozoaires, si ces œufs ne peuvent être portés par le torrent circulatoire, les entozoaires qui en naissent, par l'énergie de leurs mouvements, la faculté qu'ils ont de se creuser une voie dans l'épaisseur des tissus en écartant faiblement leurs parties élémentaires, peuvent, lorsqu'ils sont encore très petits, se porter avec facilité d'un lieu dans un autre, d'un organe tel que le tube digestif, ou d'une des cavités naturelles dans lesquelles leurs germes ont été déposés, dans un autre organe plus ou moins éloigné, et peut-être du corps même de la mère jusque dans celui du fœtus.

Les faits observés par Dujardin (2) sur les trichosomes de la musaraigne et de quelques autres animaux justifient complétement notre manière de voir. « La plupart, dit-il, étaient libres dans l'intestin grêle; mais ceux du hobereau étaient engagés dans la muqueuse de l'œsophage. Une fois, dans la musaraigne, je les ai vus engagés par leur moitié antérieure et plus grêle dans l'épaisseur de la muqueuse de l'estomac. Dans la musaraigne, en outre, ils vont chercher à une certaine époque de leur développement un gîte particulier dans l'épaisseur du tissu de la rate. Là ils achèvent de se développer... La masse de leurs œufs, jointe à celle de leurs corps, prend l'aspect d'un tubercule blanc jaunâtre... Il est vraisemblable que divers tubercules, observés ailleurs dans les organes parenchymateux, ont une origine analogue... Du reste, les dimensions de cet helminthe sont telles qu'il lui est facile de se frayer un passage entre les fibres des tissus les plus délicats. »

D'un autre côté, Ehrenberg n'hésite pas à se ranger du côté de l'opinion que nous soutenons, et il prétend même que les œufs des entozoaires peuvent très bien être disséminés par la circulation dans toutes les parties des animaux : c'est ainsi,

(1) *Manuel de physiologie*, t. I, p. 15, trad. de Jourdan.

(*) On a rencontré en effet des vers dans des œufs pondus. Escholz, par exemple, en a vu dans des œufs de poule (Burdach, *Physiologie*, t. I, p. 31, trad. de Jourdan).

(2) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, t. XX, p. 333, 338.

dit-il, que l'embryon des mammifères, dans lequel on a trouvé des vers intestinaux, peut en avoir reçu les œufs des humeurs de la mère (1).

Un autre fait, encore peu connu, mais qu'il sera utile de prendre en considération pour lever cette difficulté, c'est que les entozoaires, comme bien d'autres animaux, sont susceptibles d'éprouver des métamorphoses. Dujardin (2) a vu, dans des œufs de douve, bien qu'ils fussent encore contenus dans le corps de la mère, l'embryon changer de forme et se mouvoir au moyen des cils vibratiles dont sa surface est recouverte. Cet entozoaire, entièrement dépourvu de cils vibratiles extérieurs dans son entier développement, et en présentant dans sa vie embryonnaire, on peut se demander, avec le naturaliste auquel j'emprunte cette observation, si plusieurs vers, avant de se fixer dans les organes où doit s'achever leur existence, n'ont pas des organes locomoteurs transitoires ; et si, durant une première période de leur vie, ils ne sont pas susceptibles de nager librement dans les fluides. Ces transformations peuvent d'ailleurs s'opérer très lentement, d'une manière peu uniforme, et rester ici plus qu'ailleurs sous la dépendance des circonstances ambiantes. Elles ne suivraient en cela qu'une marche semblable à celle qu'on observe chez tous les animaux qui sont les sujets de pareils phénomènes. On sait combien la différence de température hâte ou retarde l'éclosion des œufs, surtout de ceux de vers à soie; combien l'abaissement de température et l'obscurité retardent, presque indéfiniment, les métamorphoses des batraciens. Il est à présumer que, chez les entozoaires, les métamorphoses peuvent s'accomplir aussi dans des intervalles de temps indéterminés, et seulement quand ces animaux se trouvent dans les circonstances favorables à leur manifestation. C'est encore là une observation de laquelle il faudra tenir compte chaque fois qu'on approfondira ce sujet, afin de ne pas prendre pour un autre entozoaire la larve d'un entozoaire déjà déterminé, et de ne pas attribuer ainsi, suivant le lieu où on la trouverait, à l'effet d'une génération spontanée le résultat d'un mode de reproduction bien connu.

Il est une autre remarque analogue qu'il convient de rappeler. Récemment Miescher et Dujardin ont émis l'opinion que les cystiques pourraient bien n'être autre chose que des ténoïdes développés d'une manière anormale : en effet, les cystiques sont constamment dépourvus d'organes de reproduction, et ils ne se rencontrent jamais dans le canal intestinal des animaux, comme font les ténias, mais seulement dans des kystes se développant à la surface des membranes séreuses, ou à la surface du foie et des poumons ; ce qui tendrait à faire penser que les œufs de ténias, ayant été introduits dans l'économie animale, en dehors du tube digestif, ont pu éclore et donner naissance à de jeunes individus dont le développement demeure incomplet et dont la forme du corps s'altère, parce qu'ils vivent dans une condition en quelque sorte accidentelle.

De tous les faits et de toutes les considérations qui précèdent, nous concluons que les helminthes ne naissent pas spontanément dans le corps, mais qu'ils y sont toujours portés par les aliments, ou à l'état d'œuf, ou à l'état de larve, et qu'alors ils se développent dans l'intestin ou passent dans des parties plus profondes. Quant à leur multiplication, il est évident que dès qu'un d'eux se trouve dans le milieu qui lui convient, il peut produire un nombre de petits en harmonie avec le nombre de ses œufs, que nous avons vu être des plus considérables. Il suffit donc de con-

(1) BURDACH, *Physiologie*, t. I, p. 31.
(2) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1837, t. VIII, p. 303.

cevoir et d'expliquer l'introduction d'un seul de ces animaux, pour rendre compte de la présence de tous les autres (*).

Les développements dans lesquels nous sommes entré nous dispensent d'insister beaucoup sur les principales objections que font à cette opinion les spontéparistes. Nous avons déjà dit ce que nous pensons de la présence des entozoaires, dans les embryons, bien que ce cas soit sans contredit un des plus embarrassants. Il est facile, d'un autre côté, d'expliquer, sans avoir recours à la génération spontanée, pourquoi la plupart des animaux ont leurs entozoaires propres. Outre que la proposition n'est pas absolue, puisqu'on a réellement rencontré les mêmes entozoaires dans plusieurs espèces et même dans plusieurs classes différentes, les germes des mêmes vers peuvent, on le conçoit, être introduits à la fois dans une foule d'animaux, et se développer seulement dans ceux où ils trouvent le milieu qui leur convient et pour lequel ils ont été créés. C'est donc bien gratuitement que Burdach, faisant observer que l'homme aussi a ses entozoaires propres, dit qu'il ne peut recevoir des œufs que de son semblable, et fait la singulière supposition que ces œufs devraient se transmettre des parents aux enfants dans l'acte de la génération (1). La même nécessité de vivre dans les milieux où ils trouvent leurs conditions d'existence fait comprendre aussi pourquoi beaucoup de ces singuliers êtres vivent seulement dans certains organes, et meurent, en général, hors du corps des animaux. Ainsi, rien n'empêche d'admettre que ces êtres se reproduisent comme tous ceux qui leur ressemblent et qui vivent hors des autres animaux; rien n'oblige à faire la supposition qu'ils sont engendrés spontanément. Non-seulement cette supposition est toute gratuite, mais elle est encore contraire à tous les faits.

En résumé, qu'on étudie le développement des infusoires ou la production des entozoaires, si l'on suit le progrès historique, si l'on s'entoure des lumières de l'expérience et de l'observation, si l'on fait la part de l'exactitude dans toutes les données anatomiques et physiologiques qui s'y rattachent, on voit que, partout où la question a été approfondie, l'hypothèse de la génération spontanée s'évanouit. Récemment encore, Pouchet (**), malgré tout le zèle qu'il a mis à la rajeunir, n'a pu produire en sa faveur une seule expérience irréprochable et capable d'apporter la conviction dans les esprits.

Il faut donc rejeter cette hypothèse dans l'état actuel de la science, et ne pas y recourir par cela seul qu'on ne peut expliquer encore tous les cas de reproduction des êtres vivants. Cette décision n'est pas d'ailleurs aussi indifférente que l'exprime Burdach, tout en défendant avec énergie l'opinion que nous venons d'attaquer (2). Si, à un point de vue purement philosophique et très élevé, il importe peu que des animaux puissent se former spontanément, ou qu'ils ne proviennent

(*) La connaissance des migrations et des métamorphoses propres aux entozoaires, si bien étudiées surtout par VON SIEBOLD (*Archives de* WIEGMANN, 1836, t. I, p. 45; 1838, t. VII, p. 205; 1841, t. XIII, p. 302), et par VAN BENEDEN (*Les Vers cestoïdes ou acotyles*, etc., in-4, Bruxelles, 1850), ajoute une nouvelle et sérieuse objection à l'hypothèse de leur génération spontanée.

(1) *Physiologie*, t. I, p. 29.

(**) *Hétérogénie ou Traité de la génération spontanée, basé sur de nouvelles expériences.* Paris, 1859. — Consultez le chapitre IV, le seul où la question soit traitée expérimentalement, et où l'on cherche en vain une expérience démontrant, par l'absence de germes venus du dehors ou par l'absence *simultanée* de germes dans le corps solide, dans l'eau et dans l'air, la réalité de l'hétérogénie.

(2) *Physiologie*, t. I, p. 9.

que de parents antérieurement créés, il est nécessaire pour le physiologiste de poursuivre, avant tout, la vérité, et de la découvrir partout où il peut l'éclairer des lumières de l'expérience. Or, si la génération spontanée se conçoit, rien de positif ne la justifie; l'expérience et l'observation, chaque jour plus savantes, lui ont arraché un à un tous les faits qui constituaient ses plus forts arguments; ceux que le défaut de nos connaissances lui permet de revendiquer encore sont pour le moins insignifiants. Ces motifs, nous le répétons, suffisent pour nous la faire nier jusqu'à présent chez les animaux, et en général chez tous les êtres organisés.

DE LA REPRODUCTION CONSIDÉRÉE EN GÉNÉRAL CHEZ TOUS LES ANIMAUX.

Puisque aucun être ne s'engendre spontanément, un animal est donc toujours la reproduction d'un autre animal antérieurement créé. Mais voyons comment s'opère ce phénomène continu de reproduction, et par quels procédés se fait la procréation incessante de nouveaux organismes semblables aux organismes qui les ont précédés.

Ces procédés se réduisent à trois :

1° Chez les animaux inférieurs, par un phénomène de nutrition ou d'accroissement exagéré, le corps est susceptible de se scinder, de se *diviser spontanément*, de se multiplier enfin par le seul fait de ce partage, chaque part étant apte à devenir un centre de forces procréatrices qui se complète et reproduit un animal entier.

2° Chez les êtres moins imparfaits, la même faculté est moins vague et se spécialise davantage. De la surface de leur corps, et seulement dans une certaine étendue, naissent des *bourgeons :* en se développant, d'abord sans se détacher du tronc, ces bourgeons acquièrent peu à peu la forme de l'organisme souche, et continuent dès lors à vivre par eux-mêmes, soit qu'ils restent agrégés au corps qui leur a donné naissance, soit qu'ils abandonnent l'être sur lequel ils se sont formés.

3° La tendance à la concentration des forces procréatrices se prononçant davantage, la faculté de reproduire l'espèce ne réside plus dans tout le corps, ou dans une grande partie de son étendue; mais elle se borne à un lieu particulier, à un ou plusieurs organes. Dans ce point déterminé, elle se manifeste par la production d'amas plus ou moins nombreux de matière organique, d'une forme ordinairement globulaire, et susceptibles de devenir, après leur déhiscence, des animaux semblables à ceux qui les ont produits. Ces amas moléculaires, les seules parties du corps dans lesquelles réside la faculté de reproduire l'animal, ces espèces de bourgeons qui, pour se développer, n'ont pas besoin de rester fixés sur l'organisme maternel, sont connus sous le nom général de *germes*. Nous verrons plus tard que, tantôt ils sont susceptibles de se développer seuls, tantôt ils ont besoin, pour conserver ou acquérir cette faculté, de s'unir à un second élément provenant d'un autre organe ou d'un autre animal. Dans le premier cas, on leur donne le nom de *spores ;* dans le second cas, on les appelle des *œufs*.

Nous étudierons d'abord la *fissiparité*, ou reproduction par scission, parce que ce mode est le plus simple, qu'il réside seulement dans quelques-unes des

classes les plus inférieures, et qu'il représente parfaitement le passage de la nutrition ou conservation de l'individu, à la génération ou conservation de l'espèce : c'est le trait d'union entre l'accroissement des êtres et leur reproduction.

I. — Fissiparité, ou reproduction par scission.

Chez tous les animaux parvenus au terme de leur accroissement, la vie s'entretient par un mouvement continuel de composition et de décomposition, qui constitue ce qu'on appelle, à proprement parler, la nutrition. Le balancement qui s'établit et se perpétue entre le gain que donne à l'animal l'assimilation des aliments, et la perte causée par les excrétions, est la condition première de l'entretien de la vie, et suffit au libre exercice des fonctions. Mais il est des cas dans lesquels la rupture de cet équilibre entraîne avec elle la manifestation d'actes nutritifs plus intenses qu'à l'état normal. Ainsi, lorsqu'un animal vient à perdre quelqu'un de ses organes, on voit apparaître chez lui un phénomène nouveau de nutrition. Ce phénomène, comparable à ceux qui, dans son jeune âge, présidaient à son accroissement, en diffère seulement en ce qu'au lieu d'être également répandu dans l'organisme, il y est, pour ainsi dire, localisé et s'exerce d'une manière exclusive sur le point correspondant à la partie qui vient d'être enlevée. Il se réalise dans des limites bien différentes suivant les différents êtres, mais il s'observe chez tous et dépend de la tendance qu'ont tous les animaux à reproduire les parties qui leur sont coupées ou arrachées. Considérant l'étude de semblables phénomènes, surtout dans les degrés inférieurs de l'échelle animale, comme propre à faire naître une juste idée de la reproduction *fissipare*, nous pensons devoir nous y livrer, avant de décrire ce premier mode de génération.

La *régénération*, cette puissance de reproduire des organes, ou la tendance à se compléter, qui se manifeste dans un tout privé de quelqu'une de ses parties, peut se constater chez tous les êtres vivants, sans en excepter l'homme lui-même. Très apparente dans les êtres inférieurs, elle diminue d'activité à mesure qu'elle s'exerce dans des organismes plus compliqués, jusqu'à ce qu'enfin elle se borne, chez l'homme, à la reproduction de quelques tissus ; encore, chez lui, cette reproduction est-elle souvent fort incomplète.

Dans les végétaux, la tendance précédente se manifeste à un très haut degré. On peut couper la tige d'un grand nombre d'arbres, même des plus parfaits en organisation, sans pour cela déterminer leur mort ; car bientôt du collet de la racine on voit pousser une nouvelle tige. Réciproquement, si l'on enfonce en terre un fragment de tige, il y pousse des racines, et peu après tous les organes qui existaient primitivement sur la plante dont il faisait partie viennent, en s'y développant, compléter encore ce tronçon de végétal. On sait que cette faculté remarquable est utilisée tous les jours pour la reproduction d'un grand nombre de plantes : on donne alors, au tronçon susceptible de reproduire le tout, la dénomination de *bouture*.

Faut-il, pour expliquer ces faits, dire avec J. Müller (1), que le tronc d'un végétal est, en quelque sorte, le faisceau de tous les individus qui s'en détachent à une

(1) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. II, p. 558, trad. de Jourdan.

plus ou moins grande hauteur ; que chaque bourgeon est une jeune plante, parce qu'il peut, isolé du tronc, continuer de vivre, ou même devenir un nouveau système d'individus; que la feuille elle-même est un individu susceptible de reproduire le type entier de l'espèce, parce qu'on voit les feuillets du citronnier, de l'oranger, du figuier, pousser lorsqu'on les fiche en terre ; enfin, que la plante développée n'est qu'un multiple de la plante primitive, un *système d'individus*, qui peuvent être réduits jusqu'aux feuilles, et qui sont même contenus encore dans le tronc mutilé? Les faits ne nous paraissent pas justifier une proposition aussi absolue, et leur seule autorité ne suffit pas peut-être pour commander une telle conclusion. Nous voyons seulement, dans la diversité apparente des nombreuses parties d'un végétal, une uniformité réelle d'organisation : dans chacune des portions, se trouve la réunion des tissus et des organes nécessaires à la vie de l'ensemble. Sans décider si une partie seule est un individu entier dans la plante, nous pouvons nous contenter de conclure de là qu'une partie seule est susceptible, lorsqu'elle en est séparée, de devenir à son tour un centre de forces procréatrices ; qu'une partie seule, par conséquent, est susceptible de reconstituer un tout et de reproduire un végétal nouveau semblable au premier.

La faculté régénératrice, ou, pour parler plus généralement, la faculté que possède une partie plus ou moins considérable d'un être vivant de reproduire l'ensemble de cet être, réside aussi chez les animaux, quoique, pour la plupart, à un degré moins marqué. Mais, si elle est assez faible pour paraître presque nulle dans les organismes les plus élevés, elle devient de plus en plus apparente, à mesure qu'on descend les divers degrés de ces êtres ; et on la retrouve, chez les plus inférieurs, avec toute la plénitude et l'étendue d'action qu'elle présente dans les végétaux.

Chez l'homme et chez les mammifères, non-seulement les tissus stratifiés, les épithéliums, l'épiderme, les poils, les ongles, les cornes, se reproduisent continuellement ; mais encore, s'il y a des pertes de substance dans les tissus fibreux, osseux, nerveux, etc., ces pertes, pourvu qu'elles ne dépassent pas certaines limites, se réparent dans un espace de temps plus ou moins long. De là les cicatrices cutanées ou fibreuses, les cals osseux, les cicatrices nerveuses, régénérations qui deviennent toutes plus ou moins *analogues* aux portions de tissu qu'elles sont destinées à réparer. On a vu, chez les mammifères, le cristallin se reproduire quand la partie postérieure de la capsule était demeurée intacte ; et Burdach (1) dit, d'après Vrolik, qu'on a observé, chez l'homme même, une régénération incomplète de cette lentille après l'opération de la cataracte par abaissement.

Si des vertébrés supérieurs nous descendons aux reptiles, nous y trouvons une faculté de régénération bien plus énergique. Ici le tronc mutilé reproduit les organes entiers qu'il a perdus. Sans parler de la régénération presque indéfinie des crochets des serpents venimeux, on sait que les lézards, les orvets, les seps, les geckos, se rompent la queue très facilement, et qu'ils réparent aussi fort aisément cette perte. « Il est peu de lézards, dit Dugès (2), qui n'aient éprouvé cet accident ; et l'on en reconnaît les traces à la brièveté, à la couleur plus terne, aux écailles plus petites, à la forme plus rapidement conique de la portion reproduite, qui

(1) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. VIII, p. 289.
(2) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*. Montpellier, 1839, t. III, p. 189.

pourtant, à la longue, devient presque absolument semblable à une queue normale. A l'intérieur, on y trouve peau, muscles, vaisseaux, prolongement nerveux enveloppé d'un étui solide; mais cet étui n'est jamais divisé en vertèbres, ni même parfaitement ossifié: c'est un cylindre uniforme de cartilage auquel est incorporé un peu de phosphate de chaux. »

Chez les grenouilles et chez les crapauds encore jeunes, Duméril et Bibron (1) ont vu les pattes se reproduire. Mais les salamandres reproduisent ces organes et quelques autres avec bien plus de facilité. Spallanzani (2) en a vu qui reproduisaient non-seulement une patte, mais toutes les quatre. Il en a vu d'autres, auxquelles il avait coupé la queue, en reproduire une nouvelle avec toutes ses parties: peau, muscles, os, vaisseaux, nerfs, moelle épinière (3). Il a observé aussi la régénération de la queue chez les têtards de grenouille (4), et celle de la mâchoire inférieure elle-même chez les salamandres. Enfin, sur ces dernières, Bonnet (5), et après lui Blumenbach (6), ont constaté la reproduction de l'œil, dans l'espace d'une année, quand le nerf optique avait été ménagé et qu'une portion des membranes oculaires était restée dans le fond de l'orbite.

Chez des poissons auxquels il avait coupé une nageoire, Aug. Broussonnet (7) vit bientôt se former un renflement, d'où naquit un prolongement membraneux, d'abord épais, mais qui s'amincit en se développant, et qui, après trois mois, renfermait les rudiments encore cartilagineux de deux rayons. Ces rayons acquirent plus de longueur en s'amincissant, et, vers le huitième mois, la nageoire était complétement reproduite. Toutefois Dugès (8) n'a pas été assez heureux pour pouvoir répéter cette expérience avec succès.

Ces phénomènes de reproduction partielle sont un peu plus sensibles chez les animaux articulés: les crustacés, les insectes, les arachnides. Il est inutile de rappeler les nombreux exemples que nous en offrent les reproductions des téguments dans les mues des larves d'insectes. Réaumur (9) a très bien décrit la reproduction des pattes, des serres et des antennes de l'écrevisse. D'après Amoreux, les autres crustacés, les cloportes et les araignées ont de plus que les insectes une aptitude remarquable à reproduire, tantôt les antennes, tantôt les pattes: c'est ce qui fait que l'on rencontre souvent des écrevisses, et parfois des araignées, dit Dugès, ayant une patte beaucoup plus petite que les autres et presque rudimentaire. Cependant Gœze (10) a vu les libellules reproduire leurs pattes; et Heineken (11) a vu les larves des blattes et des capricornes régénérer leurs antennes.

(1) *Erpétologie générale, ou Histoire naturelle complète des Reptiles.* Paris, 1835-1847, t. I, p. 206.

(2) *Prodromo di un opera da imprimersi sopra la riproduzioni animali.* Modena, 1768, p. 85.

(3) *Ouvr. cit.*, p. 69.

(4) *Ouvr. cit.*, p. 36.

(5) Trois mémoires sur la reproduction des membres de la salamandre aquatique, dans ses *Œuvres* (Neufchâtel, 1779-83, t. V, p. 284).

(6) *Kleine Schriften*, p. 129.

(7) *Observations sur la régénération de quelques parties du corps des Poissons* (*Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris*, 1786, p. 684).

(8) *Physiologie comparée.* Montpellier, 1839, t. III, p. 190.

(9) *Sur les diverses reproductions qui se font dans les Écrevisses, les Homards, les Crabes, etc., et, entre autres, sur celles de leurs jambes et de leurs écailles* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, an 1712, p. 226; et 1718, p. 263).

(10) *Reproductionskraft bei den Insecten. Naturforscher*, 12, *Stück* p. 221. — Voyez aussi TREVIRANUS, *Biologie*, t. III, p. 515.

(11) FROREP'S *Notizen*, t. XXVIII, p. 196.

La même force de régénération est plus étendue encore chez les mollusques. On l'a observée fréquemment pour les bras des céphalopodes, les tentacules des limaçons, etc. Pour ces derniers, Spallanzani (1) a même constaté, dans ses nombreuses expériences, la régénération de la tête chez quelques-uns d'entre eux. Treviranus (2), qui a répété ces observations, a observé aussi un certain nombre de fois le même phénomène chez ces mollusques. Mais Dugès fait remarquer qu'il ne faut pas aller jusqu'à enlever, en même temps que la tête, les ganglions nerveux qui entourent l'œsophage. Schæffer (3) a exécuté les mêmes expériences avec le même succès, pour la tête et l'abdomen des limaces.

Chez les vers, la force de reproduction devient bien plus grande et véritablement surprenante : elle ne s'exerce plus seulement sur les pattes ou sur la queue, mais sur des portions entières du tronc. Ch. Bonnet (4), Gœze (5) et Spallanzani (6), disent que lorsqu'on coupe en travers un lombric ou ver de terre, ou un ver d'eau douce, chaque moitié reproduit ce qui lui manque. Sangiovanni (7) a confirmé ces observations. Tout le monde sait aujourd'hui que les naïdes et les lombrics reproduisent de nouveaux anneaux avec assez de promptitude à la partie postérieure du corps, quand celle-ci a été tronquée. « Nous avons trouvé au printemps, dit Dugès (8), de nombreux échantillons de lombrics ayant une sorte de queue, longue quelquefois d'un pouce, beaucoup plus mince et plus pâle que le reste, et parfaitement annelée ; ici évidemment l'anus appartenait à un anneau de nouvelle formation. » Quant à l'extrémité antérieure, elle ne se reproduit pas avec autant de facilité. « Nous nous sommes assuré, ajoute ce physiologiste (9), que la reproduction de l'extrémité antérieure n'avait pas toujours lieu, et que le tronçon postérieur périssait, après un temps plus ou moins long, quand on enlevait à l'animal plus de huit segments antérieurs. Si on lui en retranche une moindre quantité, quoiqu'on enlève la bouche et le ganglion céphalique même, la plaie se cicatrise, et au bout de dix à trente jours, du milieu de la cicatrice commence à saillir un bouton conique et rougeâtre ; en huit à dix jours, il devient pointu, rouge, fort contractile, et l'on y reconnaît déjà la bouche, la lèvre, les anneaux voisins ; le tout, petit encore, mais servant déjà à conduire l'annélide. Plus tard, cette tête prend les dimensions normales, mais reste longtemps moins colorée que le reste. » Rien de semblable n'a été vu, chez les hirudinées, par Moquin-Tandon ; et, chez les clepsines, Dugès n'a pu voir non plus la moindre partie du corps se régénérer.

Suivant Bonnet, et aussi suivant Rœsel (10), les naïdes reproduisent la tête et la queue jusqu'à douze fois de suite, quand on enlève la nouvelle partie à mesure

(1) *Ouvr. cit.*, p. 62. — Voyez aussi *Resultati di esperienze sopra la reproduzione della testa nelle Lumache terrestri* (*Mem. della Società Italiana*, t. I, p. 581 ; t. II, p. 506).

(2) *Biologie*, t. III, p. 513.

(3) *Erstere Versuche mit Schneden*. Regensburg, 1768, p. 11. — Voyez ses deux autres mémoires sur le même sujet, 1769, 1770.

(4) *Traité d'insectologie* (2e partie), *ou Observations sur quelques espèces de vers d'eau douce qui, coupés par morceaux, deviennent autant d'animaux complets*. Paris, 1745. — Dans ses *Œuvres*, t. I, p. 115-258.

(5) *Von zerschnittenen Wasserwürmern deren Stücke nach einigen Tagen wiederwachsen und vollkommene Thiere werden*. Naturforscher, 3 Stück, p. 28.

(6) *Prodromo di un opera*, etc., p. 13.

(7) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1821, t. II, p. 93.

(8) *Traité de physiologie comparée*, t. III, p. 185.

(9) *Ouvr. cit.*, t. III, p. 191.

(10) *Insecten-Belustigung*, 3 Theil, p. 433.

qu'elle se forme : une naïde, divisée en six segments longitudinaux et plus, devenait un nombre égal d'individus nouveaux. Il suffisait que chaque tronçon eût au moins 3 à 4 millimètres de longueur (1). O. F. Müller (2) a repris ces expériences sur les naïdes. Il a vu que, sur d'autres annélides, les parties divisées continuent longtemps à vivre, mais qu'elles ne se complètent pas, notamment sur les néréides, et même les vers de terre sur lesquels toutefois nous avons rapporté des expériences plus récentes et décisives. Mais il en fut tout autrement du *Naïs proboscidea*. Le même observateur le divisa transversalement, et il vit, au bout de trois ou quatre jours, le bout caudal se compléter par la formation d'une nouvelle tête et d'une nouvelle trompe. De même l'extrémité céphalique se complétait par la formation d'une nouvelle queue. Cet animal a encore la faculté, que nous aurons à étudier plus loin, de se reproduire par une sorte de bourgeonnement : il se forme à son extrémité postérieure de nouveaux anneaux qui se multiplient au point, qu'au bout d'un certain temps, séparés d'abord par un étranglement, puis par une scission entière, du reste du corps, et reproduisant une tête, ils forment par leur ensemble une nouvelle naïs ou une progéniture de la première. La centralisation des facultés vitales est même si faible chez ces animaux, que, d'après O. F. Müller, la division, la décapitation de la mère ou de l'individu générateur n'exerce pas d'influence notable sur le développement de la jeune naïs. De Quatrefages (3) a observé une force reproductive analogue sur des syllis des côtes de la Bretagne.

Quant aux vers intestinaux, on sait que les ténias, rompus par accident, régénèrent toujours des segments nouveaux, tant que leur tête n'a pas été expulsée.

Mais, dans la classe des vers, c'est surtout chez les planaires que la force de reproduction devient considérable. Les planaires sont des vers plats, vivant les uns dans les eaux douces, les autres dans la mer, et ayant tant d'analogie avec les douves, les amphistomes, les distomes, les tristomes et autres vers intestinaux du même genre, désignés récemment par E. Blanchard sous le nom d'anévormes, qu'on ne peut s'empêcher, malgré leur différence d'habitation, de les ranger aujourd'hui dans le même groupe. Draparnaud avait déjà observé leur force régénératrice. Dugès (4) a varié les expériences de toutes les manières, et il est arrivé à ce résultat que, « soit qu'on divise les planaires tranversalement, soit qu'on les coupe obliquement ou dans le sens de la longueur, pourvu que le fragment détaché n'ait pas moins de la dixième partie du total, ce fragment devient bientôt un animal parfait. » La tendance à se compléter est ici bien plus marquée que dans les autres vers, puisque le sens de la section n'est plus limité au diamètre transversal. Voici d'ailleurs comment Dugès (5) raconte les principaux phénomènes de cette reproduction : » Coupe-t-on une planaire en travers, la moitié antérieure et la postérieure séparées continuent à ramper dans le même sens ; le bord formé par la solution de continuité se régularise, devient tranchant, saillant, blanchâtre ; il s'élargit par degrés, et prend peu à peu la forme d'une queue au segment antérieur, d'une tête au segment postérieur. Le suçoir ou trompe se reforme de toutes pièces au segment qui s'en trouve privé, et souvent même à tous les deux, parce que l'ancien suçoir, situé au milieu du corps, s'est souvent

(1) EGGER'S *Von der Wiedererzeugung*, p. 37.
(2) *Naturgeschichte einiger Wurmarten des süssen und salzigen Wassers*. Copenhague, 1810.
(3) *Annales des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 22.
(4) *Ibid.*, 1re série, 1828, t. XV, p. 139.
(5) *Traité de physiologie comparée*, t. III, p. 192.

détaché à la fois de l'une et de l'autre partie pour mourir dans l'eau, où il s'est agité pendant quelque temps. Si l'on partage une planaire longitudinalement, en deux moitiés latérales, chaque partie se refera de la même manière une autre moitié, un autre suçoir. Dans tous ces partages, seulement l'animal nouveau est plus petit que l'ancien, et les portions réparées restent longtemps plus blanches. »

Parmi les rayonnés, chez les échinodermes, chez les étoiles de mer, un segment perdu du corps se régénère avec tous ses viscères. Bien plus, non-seulement une astérie reproduit un des rayons de son corps, lorsqu'il lui a été arraché ; mais d'un seul de ses rayons, lorsqu'il est complet, c'est-à-dire qu'on a eu soin d'en conserver toutes les parties intactes jusqu'à l'axe du corps, on voit, dit-on, promptement renaître les quatre autres, et se former dans son entier un nouvel animal.

Enfin, chez les actinies, d'après Dicquemare (1), et surtout chez les hydres, d'après les fameuses expériences de Trembley (2), souvent répétées depuis, l'aptitude à la reproduction partielle est encore plus active et atteint son maximum. Toutes les parties du corps d'une hydre peuvent également être remplacées, de manière que chaque morceau reproduit un animal entier, quel que soit le sens dans lequel on l'a divisé, qu'on l'ait coupé en travers, en long, ou en plusieurs lanières. Ces expériences, faites pour la première fois par Trembley, il y a déjà plus d'un siècle, ont occupé successivement Backer (3), Rœsel (4), Gœze (5), Treviranus, etc. (6). De nos jours, Laurent (7) les a reprises; et, en même temps qu'il en a fait ainsi la vérification, il a assigné avec plus d'exactitude les limites de cette activité reproductrice dans les diverses parties de l'hydre. — Voici, en peu de mots, les résultats de ces nombreuses recherches.

En 1744, Abraham Trembley, ayant fendu une hydre dans le sens de sa longueur, vit, au bout d'une heure, se reproduire la forme de l'animal : après trois heures, celui-ci pouvait commencer à manger, mais il n'avait pas encore de bras; ils se développèrent plus tard. Cet observateur fit plus : il coupa des hydres en petits morceaux, dans toutes les directions, et chacun de ces morceaux redevint bientôt une hydre entière. Ainsi, que la division ait lieu en travers ou en long, la partie détachée du polype se complète également dans tous les cas : tout lambeau pousse des bras, acquiert une cavité alimentaire, et reforme un polype entier. Par la division incomplète, Trembley obtint encore une multiplication, mais une multiplication incomplète aussi, c'est-à-dire ne portant que sur les parties divisées ; il obtint ainsi des hydres à deux têtes, à trois têtes, et jusqu'à sept têtes.

Mais, en même temps, Trembley observa et signala aux savants une grande différence entre les divers lambeaux du polype, sous le rapport de la rédintégration. Bien que les propriétés vitales soient disséminées dans tous les points de son tissu, et qu'elles se trouvent également réparties entre toutes les portions du corps de

(1) *Observations sur les Anémones de mer* (*Journal de physique*, t. I, II, III, V, VII, VIII, XVIII, XXXI, XXXII ; et *Philosophical Transact.*, vol. LXIII, LXV, LXVII).

(2) *Mémoire pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes d'eau douce, à bras en forme de cornes.* Leyde, 1744, avec figures.

(3) *Some Observations on a Polype* (*Philosophical Transact.*, vol. XLII, p. 616).

(4) *Die monatlich herausgegebene Insecten-Belustigung*, 3 Theil, 1755, p. 433.

(5) Traduction allemande du *Mémoire* de TREMBLEY, avec des additions. Quedlinburg, 1775.

(6) *Biologie*, t. III, p. 518.

(7) *Recherches sur l'Hydre et l'Éponge d'eau douce.* Paris, 1844.

l'hydre, néanmoins quelques-unes de ces parties, offrant dans ce petit animal une spécialisation commençante d'organisation, sont par cela même impropres à devenir de nouveaux points de départ d'une reproduction organique. Ainsi Trembley vit bien que les morceaux du corps ou de la tête, quelque petits qu'ils soient et dans quelque direction qu'ils aient été taillés, peuvent reproduire un polype, mais que les bras de l'animal, quoique celui-ci continue à vivre dans l'eau, sont incapables de former jamais une nouvelle hydre.

Les observateurs qui vinrent ensuite ajoutèrent peu de chose à des notions si précises. Mais, dans ces dernières années, Laurent a pu les compléter d'une manière heureuse. D'après lui, les bras ou tronçons de bras du polype d'eau douce, non continus à des morceaux de lèvres, avortent presque toujours, et, quoique pouvant vivre encore pendant plusieurs jours, deviennent très rarement de nouveaux individus. Les lambeaux du corps et de la bouche, avec ou sans bras, reproduisent des hydres complètes, et cela, pour ainsi dire, quelque petits qu'ils soient. Le pied entier ou des fragments de pied peuvent aussi régénérer une hydre, mais ils sont déjà susceptibles d'avorter dans leur développement. Les lambeaux du corps qui ne comprennent que la peau externe ou la peau interne ne produisent jamais de nouveaux individus ; la coexistence de ces deux téguments paraît indispensable pour la régénération.

Laurent a donné aussi quelques détails intéressants sur les premiers phénomènes par lesquels se manifeste la régénération de l'hydre. Lorsqu'on coupe un tronçon transverse du milieu du corps, chacune de ses extrémités s'arrondit et semble se fermer, et la plaie est bientôt cicatrisée ; puis, la couche de globules qui constitue la peau interne soulève la peau externe, et forme ainsi des tubercules qui, par leur allongement progressif, deviennent des bras complétement organisés ; tandis qu'à l'autre extrémité cette même couche éprouve une sorte de retrait, et forme un tube continu, en avant, avec l'estomac, et prolongé, en arrière, jusqu'au disque qui fonctionne comme pied ventousaire. Quand il n'y a qu'un lambeau du sac stomacal, au lieu d'un tronçon complet, ses bords se rapprochent, s'affrontent, se soudent et se développent ensuite comme un lambeau transverse circulaire. Si le lambeau est si petit, que ses bords ne puissent pas, en s'affrontant, produire des tronçons cavitaires, il prend une forme globuleuse ; sa couche interne devient un noyau sphérique, qui finit par crever et produire la cavité stomacale et les deux orifices : alors se forment le pied et les rudiments de bras, dont l'aspect reste toutefois plus ou moins monstrueux.

Tel est l'ensemble des faits de reproduction partielle que nous offrent, à des degrés divers, toutes les espèces du règne animal. Si l'on cherche maintenant la *loi qui préside à leur manifestation*, on verra que cette tendance de tous les animaux à la rédintégration est d'autant plus développée en eux que leurs parties constituantes sont plus uniformément similaires. En effet, lorsque la répartition des facultés vitales est parfaite, chaque partie est également propre à remplir toutes les fonctions ; elle renferme en soi ce qui lui suffit pour devenir un centre d'actions quand elle est isolée, et pour déterminer la production de ce qui doit reconstituer le tout. Comme nous venons de le voir, chez l'hydre, ces conditions se trouvent réunies au plus haut degré. Chez les animaux un peu plus élevés, c'est-à-dire chez ceux qui ne sont pas formés de parties presque toutes homogènes, la reproduction de l'organisme entier ne s'effectue plus à la suite de divisions pratiquées en tous

sens. Cependant si ces êtres sont composés d'une série de parties homogènes, dont le nombre augmente par le fait de l'accroissement, comme cela a lieu chez les vers, il peut encore y avoir reproduction ; car les organes, tout spécialisés qu'ils sont, s'étendent néanmoins dans toute la longueur du corps, et sont doués dans toute cette longueur des mêmes facultés. Mais cette régénération ne se fait alors qu'à la condition que le fragment renferme des portions intactes de tous les organes. Ainsi, quand on divise certains vers en plusieurs tronçons par des sections transversales, chacun de ces segments étant formé de parties similaires, et réunissant tous les appareils indispensables à la vie, ganglions et cordons nerveux, vaisseaux sanguins, tube intestinal, peau, etc., chacun peut devenir un centre nouveau de création, et reproduire l'animal entier. Mais il n'en est pas de même des lambeaux qui résultent d'une section longitudinale. On conçoit, par la même raison, qu'ils ne puissent plus régénérer l'être dont ils proviennent.

Dans les derniers degrés de l'animalité, chaque partie de l'organisme est douée des facultés de l'ensemble. Il n'y a ni centre de perception, ni centre d'action ; mais tout est organe de perception, tout est organe d'action. L'animal est moins parfait, parce que rien n'est spécialisé en lui. N'ayant pas de centre perceptif, il n'est doué que de sensations obtuses ; mais il est plus vivace. Répandues partout, les facultés vitales sont obscures, mais aussi plus tenaces ; elles résident dans chaque fragment à un égal degré, et il n'en est presque aucun qui, isolé du tout, ne puisse reproduire l'ensemble. A mesure qu'on s'élève, la vie se perfectionne, et ce perfectionnement s'opère par un double mécanisme, analogue à celui que l'industrie a utilisé dans nos ateliers avec tant d'avantages : division du travail, concentration et unité de plan. Il s'introduit une division dans le travail physiologique, en ce sens que des portions de l'organisme sont affectées à certaines fonctions déterminées : chaque partie, dès lors, n'est plus douée des mêmes facultés que les autres parties ; au lieu de les posséder toutes, elle se spécialise, et devient l'instrument d'une fonction ; cet instrument, accommodé à un seul acte, est par conséquent plus parfait ; en un mot, des appareils et des

relativement accessoires; elle deviendra plus obscure, et sera bientôt réduite, comme chez l'homme, à ses effets les moins sensibles.

Cependant un lien continu unit tous ces phénomènes les uns aux autres et les rattache à un même fait : la tendance générale de tout animal à se compléter. Cette tendance diffère si peu, d'un côté, de l'accroissement et de la nutrition normale, de l'autre, de la génération proprement dite, que son étude fait aisément sentir par quelles nuances insensibles on passe de la nutrition, de l'accroissement, de la reproduction partielle, à la génération elle-même; actes qui, au premier abord, et surtout dans l'espèce humaine, pourraient paraître si différents.

Nous avons exposé avec quelques détails l'ensemble des faits de reproduction partielle et le principe d'où découle la différence d'énergie de cette tendance des divers animaux à se compléter, parce qu'une pareille exposition est tout à fait propre à faire comprendre le moyen que la nature emploie normalement, à l'égard de quelques êtres, pour en conserver les espèces. Si Trembley, après avoir divisé en deux l'hydre d'eau douce; si Dugès, après avoir divisé en deux la planaire, ont vu les deux fragments se compléter, et, par là, reproduire deux hydres, reproduire deux planaires, nous voyons de même certains animaux inférieurs se diviser spontanément en deux parties, ces deux parties se compléter, et l'espèce se reproduire par ce seul acte. Ce singulier mode de génération, consistant dans une simple division, une scission de l'organisme souche en deux organismes secondaires semblables, a été désigné par les noms de *fissiparité* ou *scissiparité*.

Mais il s'en faut bien que la nature emploie ce mode de génération pour tous les animaux que l'expérience nous a démontré en être susceptibles. La fissiparité naturelle est, en effet, beaucoup plus limitée que la fissiparité artificielle. Il est rare que les planaires, les hydres même se divisent spontanément. Cependant Dugès (1) s'est assuré qu'une espèce de planaire, la *Planaire subtentaculée* de Draparnaud, est fissipare : c'est derrière le suçoir que la séparation s'opère ; l'individu postérieur est, par conséquent, plus petit que l'antérieur, qui, réparant plus rapidement ses pertes, peut bientôt en subir de nouvelles, et multiplier ainsi rapidement l'espèce, dont les individus sont très nombreux dans certaines eaux. Laurent (2) a observé aussi la fissiparité chez les hydres, mais très rarement : ces polypes ne se divisent alors qu'en deux fragments, trois au plus, par une constriction transversale dans la partie la plus épaisse du corps. Rœsel (3) avait déjà fait la même observation. Siebold (4) dit que les madréporines se multiplient quelquefois par division longitudinale : tantôt la division est complète, tantôt elle est incomplète. Les éponges, bien qu'elles se reproduisent aussi par bourgeons et par spores, paraissent susceptibles de se multiplier par scission spontanée.

A quelques exceptions près, on peut dire que, jusqu'à présent, la reproduction scissipare n'a guère été observée que chez les infusoires.

De plus, tandis qu'on peut diviser les polypes d'eau douce dans tous les sens et obtenir artificiellement de chaque fragment un nouvel individu, la scissiparité naturelle n'a jamais lieu que dans des *directions déterminées :* elle est longitudinale chez les uns, transversale chez les autres, ou alternativement longitudinale et transversale chez le même individu.

(1) *Physiologie comparée*, t. III, p. 217.
(2) *Recherches sur l'Hydre, etc.*, p. 25.
(3) *Insecten-Belustigungen*, t. III, p. 504 et 525, pl. LXXXIII, fig. 3.
(4) *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*. Berlin, 1845-1847, t. I, p. 44.

La division spontanée des infusoires avait été vue d'abord par Beccaria, et prise par lui pour un accouplement. En 1765, Saussure redressa cette erreur, et trouva la vraie signification du phénomène. Depuis, la scissiparité a été presque généralement admise dans la science, et, surtout dans ces derniers temps, vérifiée un grand nombre de fois par Ehrenberg, Dujardin, etc., chez les infusoires, chez les éponges, et chez les vorticelles, qui sont des espèces de polypes microscopiques d'une organisation très simple.

Voici, d'après Dujardin (1), comment s'accomplit le phénomène de cette division dans la *fissiparité transversale*. Un infusoire oblong, tel qu'une paramécie, un trichode, une kérone, etc., présente d'abord au milieu de son corps un étranglement qui devient de plus en plus prononcé; plus tard, la partie postérieure commence à montrer des cils vibratiles à l'endroit où sera la nouvelle bouche, puis cette bouche devient de plus en plus distincte; enfin la séparation s'achève en laissant voir la substance glutineuse intérieure étirée jusqu'à ce qu'elle se rompe. Les deux moitiés, primitivement courtes, arrondies, et comme tronquées, s'allongent peu à peu en s'accroissant, et finissent par ressembler à l'animalcule primitif. Nous avons représenté ici, d'après Ehrenberg (2), un exemple de cette division transversale, chez le *Paramecium chrysalis* grossi trois cents fois. On voit, à côté d'un individu entier, celui qui se divise en travers; un troisième se multiplie par division longitudinale, de bas en haut.

Il est facile de vérifier le même mode de division, c'est-à-dire la *division en*

Ailleurs, la division commence à se faire *par la bouche*, et de là s'étend jusqu'à la queue : c'est ce que montre la figure 31 ci-jointe et empruntée à Ehrenberg (1). Elle représente, chez le *Vorticella microstoma*, la scission progressant peu à peu de la bouche à l'extrémité postérieure du corps, jusqu'à ce qu'enfin le nouvel individu, ou plutôt un des nouveaux-individus ainsi engendrés, se détache pour aller se fixer ailleurs, et laisse l'autre sur sa tige indivise. Nous verrons plus loin que ces vorticelles, comme les autres polypes, peuvent se reproduire aussi par bourgeonnement.

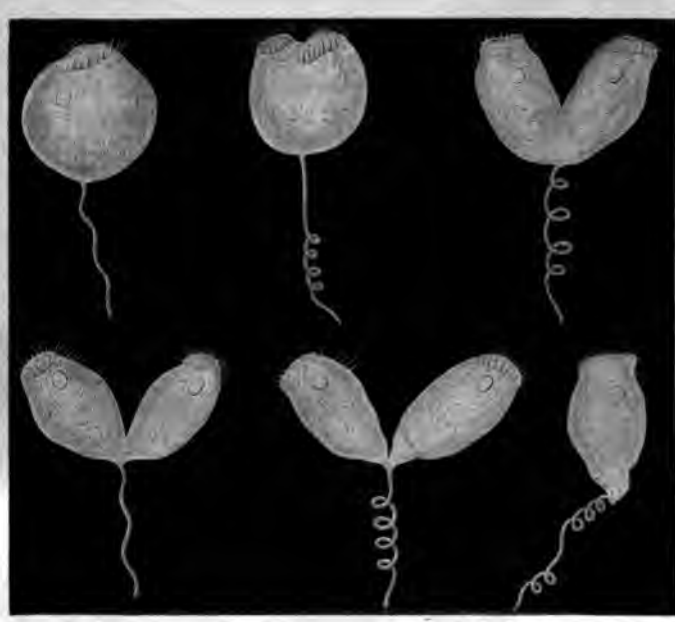


Fig. 31. — *Vorticella microstoma.*

Enfin, chez le paramecium dont nous avons parlé, chez les colpodes, les bursaria, les opalina, les glaucoma, les stylonychia, les euplotes, les *Leucophrys carnium*, le *Chilodon cucullulus*, etc., on observe indifféremment la *fissiparité transversale* et la *fissiparité longitudinale*. C'est ainsi qu'Ehrenberg (2) a figuré le *Chilodon cucullulus* (fig. 32), se multipliant d'abord par une division longitudinale qui marche d'arrière en avant, puis un des nouveaux chilodons se divisant spontanément en travers, pour en produire deux autres.

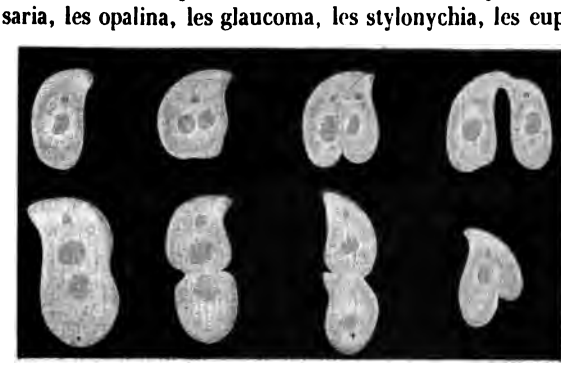


Fig. 32. — *Chilodon cucullulus.*

(1) *Die Infusionsthierchen*, etc., pl. XXV, fig. 3, α, β, γ, δ, ε.
(2) *Ouvr. cit.*, pl. XXXVI, fig. 6, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Dans tous ces cas, un phénomène intérieur, que nous verrons se reproduire avec la même constance, la même régularité, dans la segmentation de l'œuf des mammifères, des oiseaux, etc., précède et semble déterminer, par son influence, la manifestation des phénomènes extérieurs que nous venons de décrire. Chez presque tous les infusoires, en effet, sans en excepter les rhizopodes (dont le corps n'est pas, comme celui des autres infusoires, nettement limité et muni de cils vibratiles), il y a, dans l'intérieur du corps, un corpuscule qui se dessine d'une manière tranchée, une sorte de noyau (*nucleus*) qui, par sa solidité, se distingue du parenchyme mou ou du sarcode qui l'entoure. Ces noyaux solides, dont la forme et le nombre varient beaucoup chez les différents infusoires, prennent une part essentielle à la division de ces animaux. Quand un infusoire se scinde en long ou en travers, le noyau, placé habituellement au milieu du corps, se divise aussi; de sorte qu'après le partage, chacun des deux nouveaux individus possède à son tour un noyau. Il est même facile de juger, par les modifications dont celui-ci est le siége, qu'un des animalcules va se diviser : ainsi, chez les paramécies, les bursaria, les chilodons, etc., avant qu'on puisse apercevoir sur leur corps un sillon longitudinal ou transversal, leur noyau primitivement simple est déjà sillonné, ou même complétement divisé. C'est ce qu'on peut vérifier sur les figures précédentes. Le micrographe, à qui nous les avons empruntées, regarde ces corpuscules nucléolaires comme des organes générateurs (testicules ou ovaires); mais leur signification reste encore indécise. Sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, Ehrenberg paraît avoir attribué aux infusoires une organisation beaucoup plus compliquée qu'elle ne l'est en réalité (1).

La scission spontanée est le plus souvent complète; mais, quelquefois aussi, elle demeure *incomplète*. Des monades, qui se divisent alternativement en long et en travers, mais sans que la séparation s'achève jamais, forment des espèces de mûres. Dans le cas d'une scission longitudinale continuelle, il se produit des séries d'individus unis par leurs bords latéraux. Dans celui d'une scission transversale continue sans séparation, on a des séries linéaires ou filiformes. Ehrenberg considère comme de tels systèmes les vibrions qu'on trouve composés tantôt de deux ou trois, tantôt d'un plus grand nombre de segments, et qui se font remarquer par un mouvement particulier de tremblotement. Les vorticellines ramifiées, qu'il nomme *Carchesium* et *Epistilis*, naissent d'une division incomplète de l'animal en deux portions demeurant unies ensemble par un prolongement de leur extrémité postérieure. Ce mode de division a lieu rarement chez les coraux; mais on l'observe, d'après Ehrenberg, chez les caryophyllies, où il donne lieu à des formations dichotomiques, pénicillées, pédiculées, deux animaux naissant d'un, quatre de deux, huit de quatre, seize de huit, etc.

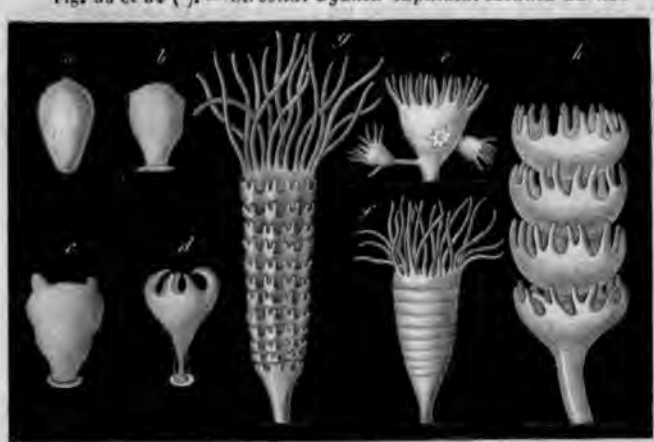
Enfin, des animaux beaucoup plus élevés, pourvus d'organes générateurs distincts, se propageant par des œufs, et munis d'ovaires et de testicules, sont eux-mêmes, *à une certaine période de leur vie*, soumis à la fissiparité. Sars (2), physiologiste danois, en a fait l'observation, il y a quelques années, chez les

(1) Voyez, à ce sujet, STANNIUS et SIEBOLD, *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*, t. I, p. 23.
(2) *Mémoire sur le développement du* Medusa aurita *et du* Cyanea capillata (*Annales des sciences natur.*, 2e série, *Zoologie*, 1841, t. XVI, p. 321).

méduses. Les recherches antérieures de Siebold (1), celles que Dujardin (2) a faites récemment, ont confirmé ces curieux résultats, et en ont même étendu le champ.

Voici en quoi ils consistent. Des œufs sphériques, contenus dans les ovaires (sur lesquels on voit les parties caractéristiques que nous décrirons plus loin, la vésicule et la tache germinatives, et dont le vitellus se segmente, comme il arrive chez tous les animaux), donnent naissance à des jeunes, ovales ou ovalo-cylindriques; ceux-ci sont garnis de cils vibratiles, et sont contenus, pendant une certaine période de leur développement, dans des réceptacles nombreux qui se forment en même temps dans les quatre bras environnant la bouche de leur mère.

Fig. 33 et 34 (*). — *Strobila. Cyanea capillata. Medusa aurita.*



Puis, ces jeunes quittent leur mère et nagent, comme des infusoires, pendant un certain temps; bientôt après, ils se fixent par une de leurs extrémités à un corps étranger sur lequel ils s'accroissent, tandis que par l'autre ils sont libres; une bouche s'ouvre à cette dernière extrémité, et peu à peu autour de cette ouverture se forme une couronne de tentacules.

Dans cet état polypoïde, qu'il est permis de considérer comme un état de larve, ces animaux peuvent se propager par bouture, à la manière des polypes, c'est-

(1) *Beiträge zur Naturgeschichte der wirbellosen Thiere*, 1839, p. 21.

(2) *Mémoire sur le développement des Méduses et des Polypes hydraires* (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, *Zoologie*, 1845, t. IV, p. 257).

(*) Fig. 33 et 34. — *a*. Petit du *Cyanea capillata*, dans son premier état, ou état d'*infusoire*: il vient de quitter les bras buccaux de sa mère, et il nage librement dans l'eau. — *b*. *État polypoïde*. La même larve s'est attachée par la grosse extrémité de son corps, et déjà à l'extrémité libre s'est formée la bouche, entourée par un bourrelet circulaire. — *c*, *d*. Les tentacules se développent. — *e*. Des gemmes se développent sur son corps comme sur l'hydre de TREMBLEY. — *f*, *g*, *h*. Transformation de l'état polypoïde au troisième état, ou état d'*acalèphe*, par scission spontanée transversale. — *i* (fig. 34). Un de ces segments transversaux détaché et nageant librement, désigné d'abord sous le nom de *strobila*. — *k*. Le *Cyanea capillata* qui en provient par le développement ultérieur des bras buccaux, des appendices, etc. — *l*. Le *Medusa aurita* complétement développé, pour montrer comment les jeunes acalèphes provenant d'autres polypes semblables à ceux qui viennent d'être figurés prennent aussi peu à peu, après qu'ils sont devenus libres, les caractères de l'acalèphe mère.

à-dire par gemmes et par ce qu'on appelle des stolons. Les nouveaux animaux qui se développent ainsi ressemblent parfaitement aux larves primitives.

Enfin, après un espace de temps indéterminé, la larve se divise spontanément en une foule de segments transversaux qui tous deviennent de nouveaux animaux. Ces derniers (qui ne ressemblent pas à la larve) sont libres, nagent en tous sens, et offrent un corps en forme de disque, dont la périphérie est divisée en huit rayons bifurqués à leurs extrémités; ils ont une bouche quadrangulaire, en forme de tube et pendante, etc. A mesure qu'ils croissent, les rayons deviennent de plus en plus courts : tandis que les intervalles entre ces rayons augmentent d'étendue et donnent naissance aux tentacules marginaux, la bouche se divise et se transforme en quatre tentacules buccaux; enfin, ces animaux deviennent parfaitement semblables à leur mère (*Méduse* ou *Cyanea*). Ce n'est donc pas la larve, ou l'individu développé dans l'œuf, qui se métamorphose en acalèphe parfait; ce sont les petits qui sont formés par fissiparité transversale; ce n'est pas l'individu, mais c'est la race qui se métamorphose.

Ce que nous observons ici chez les acalèphes, relativement à la fissiparité, se reproduit chez d'autres animaux, les biphores, plusieurs espèces de vers, etc., sous le rapport du bourgeonnement; c'est-à-dire que la race se compose d'une succession d'individus dont les uns ont un mode de reproduction et les autres un autre. Ceux qui proviennent par bourgeons d'une première génération produisent des œufs qui donnent naissance à une troisième; de sorte que la série complète des mêmes phénomènes génésiques ne se reproduit qu'après deux générations. Ce n'est donc qu'en réunissant une de ces générations à l'autre, qu'on parvient à connaître le type naturel, à compléter l'individu, à caractériser la race. De pareils faits s'éloignent assez de ceux qui servent de base à la notion de l'espèce pour que nous devions y insister plus que nous ne le faisons en ce moment : aussi y reviendrons-nous en parlant de la génération des animaux qui nous en offriront de nouveaux exemples.

II. — GEMMIPARITÉ, OU REPRODUCTION PAR BOURGEONS.

Le second mode de reproduction des animaux est le *bourgeonnement*. Comme chez les végétaux, il consiste dans l'accumulation, sur un certain point du corps, d'éléments organiques formant d'abord une éminence arrondie ou globuleuse, qui porte le nom de *bourgeon*. Ce bourgeon se creuse d'une cavité qui communique primitivement ou consécutivement avec la cavité de l'animal, et il se développe peu à peu, de manière à constituer un individu semblable à l'individu souche sur lequel il a pris naissance. Enfin, après son développement, tantôt le bourgeon reste uni au tronc primitif, tantôt il s'en sépare pour aller vivre ailleurs et se reproduire à son tour de la même manière. Tous les points du corps ne sont plus ici susceptibles de vivre après avoir été isolés, comme nous en avons vu des exemples dans la fissiparité ; mais il y a encore, dans ce corps, un certain nombre de points qui sont aptes à se développer en organismes nouveaux, et dans lesquels la vie finit par s'individualiser, de manière à reproduire l'espèce. Il n'y a plus division de l'organisme entier en parties également susceptibles de vivre, il n'y a pas encore formation de germes proprement dits : il y a seulement végétation, mode de reproduction intermédiaire aux deux autres.

Tantôt les bourgeons naissent directement sur le corps de l'animal qui les pro-

duit; tantôt ils ne se développent qu'à l'extrémité de tiges rampantes, de fusées organiques plus ou moins longues, de véritables stolons, comparables à ceux qu'on observe chez quelques végétaux.

Quand les individus nés de l'une ou de l'autre manière, par bourgeons directs ou par stolons, ne se séparent pas du tronc primitif, ils constituent les agrégations de polypes avec leurs divers caractères.

Il y a, en outre, des cas qui sont, pour ainsi dire, intermédiaires aux uns et aux autres. Dans quelques espèces, telles que l'*Hydra fusca*, l'adhérence subsiste encore, que déjà les enfants sont devenus parents à leur tour, et que l'ensemble représente un bouquet plus ou moins branchu; mais, tôt ou tard, il y a séparation, et multiplication ultérieure de l'espèce.

C'est surtout chez les polypes que se réalise la gemmiparité; elle y est *extérieure*. Chez les hydres (fig. 35) (*), les bourgeons ressemblent d'abord à de petites saillies arrondies. Ils naissent sur la surface cylindrique du corps, et peuvent se développer dans tous les points, excepté sur les bras. Ils apparaissent normalement à la base du pied et exceptionnellement sur tous les points du corps jusqu'au voisinage de la bouche. En général, on n'en observe pas, dans toute cette étendue, plus de quatre à la fois, disposés en croix; mais quelquefois on en voit davantage. Jamais il ne s'en forme sur les bras et sur le pied; mais les bras peuvent sans doute pousser d'autres bras, puisqu'on trouve des bras bifurqués et même trifurqués, comme on rencontre quelquefois des queues de lézard partiellement doubles. Ces petites saillies, ces tubercules sont formés par une sorte d'hypertrophie du tissu maternel. L'enveloppe externe ou cutanée, l'enveloppe interne ou stomacale, y participent également; et l'on voit, dès le principe, la naissance du futur bourgeon s'annoncer par une sorte de cul-de-sac de la membrane interne. Ces saillies grossissent en peu de jours; le point opposé à l'adhérence se couronne de mamelons dont l'allongement successif constitue les tentacules qui entourent la bouche; enfin, elles ne tardent pas à acquérir la forme de l'animal. Ainsi que l'avait déjà vu Trembley, la cavité de la nouvelle hydre communique avec celle de l'hydre mère; de sorte que la nourriture de celle-ci profite à la première, en passant directement dans son sac stomacal, et qu'elles ont ainsi une parfaite communauté de vie. Mais cette communication se supprime peu après que le nouveau polype a commencé d'allonger ses bras et son corps, et qu'il est devenu capable de saisir lui-même sa nourriture; une constriction circulaire étrangle sa base, elle se prononce peu à peu davantage, et finit par séparer complétement le jeune animal du polype générateur. Néanmoins le jeune polype lui reste encore adhérent pendant quelque

Fig. 35.— *L'Hydre.*

(*) Figure idéale représentant les divers modes de génération de l'*hydre*. — *b*. Bourgeon dans le point où il se développe normalement. — *b'*. Bourgeon plus avancé, sur lequel les tubercules, qui formeront plus tard les bras, commencent à paraître. — *b''*. Bourgeon près de se séparer de la mère: déjà la cavité intestinale est isolée de celle de l'hydre, les bras sont développés, et le jeune animal est capable de se nourrir et de vivre seul.

temps, quoiqu'il soit tout à fait développé; de manière qu'il arrive une époque à laquelle, avant qu'il tombe naturellement, on peut le détacher sans qu'il cesse de vivre (1).

C'est aussi par *gemmiparité* que se reproduisent quelques infusoires, tels que les vorticelles et les vorticellines. Gruithuisen (2) et Ehrenberg (3) ont cité des exemples de cette multiplication. En décrivant la reproduction scissipare des vorticelles, nous avons déjà dit que ces polypes microscopiques se reproduisent aussi par bourgeonnement. En effet, sur un point de leur corps (fig. 36), près du pédicule, comme chez les hydres, on voit naître un bourgeon, lequel se développe peu à peu, acquiert bientôt des caractères tranchés, et finit par se détacher avant d'avoir acquis les dimensions de la vorticelle mère. Le nouvel individu ainsi développé, nageant librement dans l'eau, se multiplie quelquefois par division transversale, avant de se fixer et de se reproduire par une nouvelle scission longitudinale, ou par un nouveau bourgeonnement.

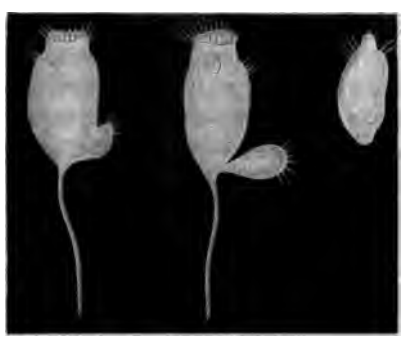


Fig. 36.—*Bourgeonnement des Vorticelles.*

Sars (4) a observé le même mode de développement chez divers acalèphes. Mais c'est surtout chez les hydres, comme nous venons de le démontrer, et chez les autres polypes, qu'on observe la gemmiparité.

Chez les sertulaires, le bourgeon représente une proéminence obtuse et close du petit tronc, à laquelle conduit le canal commun de la tige, et qui acquiert peu à peu l'organisation du polype, dont les bras apparaissent par suite d'une fente qui s'ouvre à sa partie antérieure (5).

Parmi les entozoaires, la reproduction gemmipare est propre aux vers cystiques. D'après Meyen (6), dans le genre *Cœnurus*, les vésicules sur lesquelles reposent les têtes individuelles sont en même temps un corps producteur de nouveaux individus, et ceux-ci proviennent de petits tubercules qui naissent sur la vésicule elle-même. Dans le genre *Echinococcus*, les échinocoques devenus libres se métamorphosent en vésicules, sur la face interne ou externe desquelles apparaissent de nouveaux échinocoques qui, après y être demeurés attachés pendant quelque temps, au moyen d'un pédicule grêle, finissent par devenir libres. De là vient, dit J. Müller, que les générations mortes d'échinocoques représentent des vésicules dans lesquelles sont contenues d'autres vésicules, et auxquelles on a donné fort improprement le nom d'acéphalocystes. Dans ces cas, il y a donc gemmiparité *intérieure*. La gemmiparité intérieure, dit Dugès (7), est le propre des volvoces, des acépha-

(1) Voy. LAURENT, *Recherches sur l'Hydre et l'Éponge d'eau douce*. Paris, 1844, p. 2 et suiv.
(2) *Beiträge zur Physiognosie*, p. 308.
(3) *Infusionsthierchen*, etc., tab. XXV, fig. 32.
(4) *Mém.* et *Rec. cit.*
(5) KISTER, *Philosophical Transactions*, 1834, p. 11.
(6) *Neues System der Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 26-31.
(7) *Physiologie comparée*, t. III, p. 219.

locystes, des pandorines, etc., dont l'intérieur se montre rempli d'animaux vésiculaires semblables à la vésicule mère, et dont les plus gros renferment souvent eux-mêmes d'autres individus qui en contiennent de plus petits ; les plus petits adhèrent à la vésicule maternelle, dont ils sont une expansion, ce qui est surtout bien évident pour l'acéphalocyste granuleuse de Laennec. La mère finit par périr, lorsque sa famille a acquis un développement notable, et chaque individu change alors sa vie intra-maternelle pour la liberté, s'il est d'espèce vagabonde comme les volvoces. Spallanzani, qui a suivi cette formation successive jusqu'à la treizième génération, a cru, bien à tort, que c'était là une preuve de l'emboîtement et de la préexistence des germes ; car il ne les a pu voir simultanément existants l'un dans l'autre au delà du troisième degré, et O. F. Müller n'a aperçu que le quatrième.

Dans le cas de *gemmation extérieure* des polypes agrégés, tels que les coraux, les bourgeons ne tombent pas après s'être développés, comme il arrive dans les deux cas que nous venons d'examiner, c'est-à-dire chez les hydres et chez les entozoaires cystiques. Mais, en se développant et en devenant eux-mêmes le point de départ du développement de nouveaux bourgeons, ils accroissent sans cesse le nombre des individus ; et ces individus, comme nous l'avons déjà dit, restent unis en générations cohérentes. De cette manière, le polypier grossit continuellement et prend des formes diverses (gorgones, coraux, etc.) souvent caractéristiques, suivant le sens dans lequel naissent les bourgeons. Le même effet se produit, soit que le bourgeonnement ait lieu sur le corps même des polypes, comme chez les alcyons, les alcyonides, les plumatelles, les cristatelles, etc. ; soit qu'il ne se manifeste qu'à l'extrémité d'espèces de stolons, comme chez les ascidies, les xénines, les sertulaires, les alcyonelles, les zoanthus, etc. C'est surtout chez les bryozoaires, ordre de polypes que leur organisation plus élevée rapproche des mollusques, qu'on voit se former ces espèces de racines traçantes ou *stolons* sur lesquels naissent les jeunes. Tels sont les ascidies sociales, les ascidies composées, les biphores, etc. Les larves d'acalèphes, dont nous avons parlé, développent aussi quelquefois des bourgeons à l'extrémité de stolons.

Quant aux différences que peut présenter la direction du bourgeonnement, chez ces polypes agrégés, on observe, par exemple, que, chez les campanulaires, les bourgeons naissent des deux côtés dans certains points alternes, tandis que, chez les plumulaires, ils se développent d'un seul côté de la tige. Milne Edwards (1) a même démontré que les différences morphologiques et zoologiques de quelque importance, que présentent entre eux les polypes tubuliporiens, dépendent essentiellement de la manière dont naissent les bourgeons reproducteurs, et dont les jeunes polypes se soudent entre eux. Tantôt la série d'individus, provenant d'une suite de générations, ne se soude pas avec les séries voisines, et tous les individus dont elle se compose sont dirigés dans le même sens ; il en résulte des crisidies à séries bien dressées et maintenues dans une position verticale, ou des alectos à séries rampantes et encroûtantes. Tantôt, tout en restant distincts des séries collatérales, tous les individus d'une même lignée naissent adossés les uns aux autres et se dirigent alternativement en sens opposé ; de là les crisies qui restent dressées, les criserpies qui rampent dans toute leur longueur. D'autres fois enfin, toutes les séries colla-

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. IX, p. 233.

térales se soudent entre elles, et un même individu ne donne que rarement naissance à deux jeunes; de là les pustulopores, les hornères, les idmonées, etc. De ces circonstances dépend donc le mode de groupement des divers individus réunis dans un polypier commun, et ce mode de groupement fournit d'ordinaire les meilleurs caractères pour l'établissement des divisions génériques.

Nous avons vu que, chez les polypes très simplement organisés, chez les hydres, le bourgeonnement peut se faire sur tous les points du corps, depuis la bouche jusqu'au pied; mais, si l'on étudie le même phénomène sur des polypes d'une structure plus compliquée, on voit ce travail reproducteur commencer à se *localiser*, et ne plus se manifester que dans certaines parties. Ainsi, il résulte des recherches de Milne Edwards (1) sur les alcyonides, que, chez ces polypes, la végétation n'a pas lieu sur tous les points de la surface du corps, mais qu'elle y est déjà en partie localisée: les bourgeons reproducteurs ne se forment que sur le trajet de certaines lamelles membraneuses, étendues longitudinalement dans l'épaisseur des parois du corps; de sorte que l'ouverture basilaire des jeunes polypes, ou leur communication avec la cavité maternelle est toujours placée de manière à interrompre un des replis longitudinaux de la cavité abdominale dont il naît. Du reste, ces alcyonides produisent aussi des germes ou spores propres à propager au loin leur race sédentaire, et ce sont précisément les parties susceptibles de donner naissance à cette espèce de végétation qui remplissent aussi les fonctions d'ovaire.

Dans les alcyonides, pendant longtemps la cavité abdominale se continue directement avec celle de la mère. Dans les alcyons, on observe le contraire: les jeunes, formés par le développement des bourgeons, ne communiquent avec elle que par l'intermédiaire du système vasculaire général. De plus, la partie qui donne naissance aux bourgeons reproducteurs est précisément celle qui n'appartient en propre à aucun des polypes réunis en masse, mais qui leur est commune à tous (2).

Chez les spongiaires, la même chose a lieu; et, comme il ne se forme pas de cavité intérieure, les bourgeons qui accroissent et reproduisent l'éponge forment des masses presque inanimées, quoique vivantes, communiquant entre elles seulement par des courants nutritifs.

Chez les synhydres, la localisation du travail est peut-être encore plus sensible et la spécialisation des organes reproducteurs est liée à d'autres conditions. D'après de Quatrefages, qui a décrit le premier ce genre de polypes, le bourgeonnement n'a lieu, ni sur le corps de l'animal comme chez les hydres, les vorticelles, etc., ni sur certains points de ce corps, comme chez les alcyonides, mais sur la masse commune du polypier. Mais, ici encore, le bourgeonnement n'est pas le seul mode de génération: il se forme, en effet, des spores, des germes, qui se développent sur le polypier, vers la base des mamelons et du point d'attache des polypes, et qui sont susceptibles, après s'être détachés, d'aller se développer plus loin. Ce n'est pas tout: on observe, en outre, des corps reproducteurs intermédiaires aux bourgeons et aux spores, qui ne naissent ni sur le polypier, ni sur les polypes destinés à nourrir la colonie, mais sur des polypes plus petits, de forme différente, et paraissant affectés à cette seule fonction. Ces corps reproducteurs s'allongent; leur cavité, communiquant d'abord avec celle de la souche, s'en sépare après un

(1) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. IV, p. 320.
(2) MILNE EDWARDS, *Rec. cit.*, 2e série, t. IV, p. 339.

certain temps; bientôt leur pied s'étrangle ; puis ils se détachent et vont, presque aussitôt après, en s'étalant par une de leurs extrémités, s'établir sur un autre point: des boutons tentaculaires naissent alors à l'extrémité opposée, et deviennent l'origine d'une nouvelle colonie, d'un nouveau polypier. De Quatrefages (1) regarde ces corps comme des bourgeons, mais il les distingue sous le nom de *bourgeons caduques* ou *bulbilles*. En réalité, ils sont intermédiaires aux bourgeons proprement dits et aux spores.

Enfin, chez plusieurs polypes, on voit quelquefois, même après la mort des polypes individuels, des bourgeons naître sur le polypier, comme on observe des bourgeons sur le tronc d'un végétal dépouillé de ses branches (2).

Chez des animaux bien plus élevés, nous retrouvons encore des exemples de bourgeonnement. Mais, au lieu d'être vague et presque uniformément répandue comme chez les hydres, ou limitée à un nombre de parties encore assez considérable, comme chez les alcyons, les alcyonides, les synhydres, la force reproductive est bien plus localisée, elle est bornée à un espace beaucoup moindre, on peut même dire à la seule partie du corps qui soit le siége de l'accroissement pendant tout le jeune âge de l'animal. En effet, chez ces animaux, qui sont des annélides, c'est toujours entre le dernier et l'avant-dernier anneau que se manifestent les phénomènes de reproduction gemmipare. Ces phénomènes paraissent se lier, en outre, à une particularité sur laquelle nous avons déjà appelé l'attention; mais qui, à cause de son importance, mérite d'être signalée encore une fois.

Plusieurs annélides se reproduisent, partiellement du moins, par gemmiparité. Otton Frédéric Müller (3) a observé le premier ce phénomène sur une naïs, le *Naïs proboscidea*. A mesure que cette annélide s'accroît, les anneaux se multiplient à l'extrémité postérieure de son corps. Au bout d'un certain temps, une partie de ces nouveaux anneaux commence à se séparer du reste de l'animal par un étranglement, au-dessus duquel la mère en reproduit d'autres, longtemps encore avant que la séparation définitive s'accomplisse. On peut de cette manière voir quelquefois une mère unie à trois jeunes naïdes, avec lesquelles elle forme un système qui s'est produit d'un des anneaux de son propre corps. J. Müller (4), qui rapporte ce fait, l'a mal interprété ; car il attribue sa production à une scission transversale, tandis qu'il s'agit d'un véritable bourgeonnement, comme nous allons le démontrer tout à l'heure par un autre exemple.

O. F. Müller (5) avait aussi trouvé, sur les côtes de Danemark, une annélide de la famille des néréidiens, qui paraissait être en voie de se reproduire par bouture, et qui traînait après elle un second individu, auquel elle adhérait organiquement. Cet observateur, ne poussant pas plus loin ses investigations, se borna à figurer ce double ver et à l'insérer dans son catalogue descriptif, sous le nom de *Nereis prolifera*.

De Quatrefages (6) s'est récemment appliqué à l'étude de ce phénomène qui n'avait pas été apprécié à sa juste valeur par les zoologistes. Sur les côtes de la Bretagne,

(1) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1843, t. XX, p. 240.
(2) EHRENBERG, *Die Corallenthiere des rothen Meeres*. Berlin, 1834.
(3) *Naturgeschichte einiger Wurmarten des süssen und salzigen Wassers*. Copenhague, 1800.
(4) *Manuel de physiologie*, 1845, t. II, p. 562.
(5) *Zoologica Danica*, t. II, p. 15, pl. LII, fig. 5, 9.
(6) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, *Zoologie*, t. I, p. 22.

il a vu, chez un grand nombre de *Syllis*, et à une certaine époque de leur vie, un individu nouveau se développer à la partie postérieure du corps. D'abord confondue avec la mère par l'uniformité de ses anneaux, la jeune syllis s'en sépare plus tard par un étranglement, et finit par se diviser tout à fait, après que les premiers anneaux du tronçon postérieur se sont modifiés de manière à constituer une tête. Une jeune annélide, semblable à la première, se trouva ainsi développée par l'effet d'un bourgeonnement tout à fait comparable à celui par lequel se multiplient les polypes.

Mais, chose remarquable, tandis que la jeune et la vieille syllis se ressemblent assez par leurs caractères extérieurs, elles sont douées l'une et l'autre de fonctions bien différentes. La vieille continue à se nourrir de la manière ordinaire, à exécuter toutes les fonctions nécessaires à la conservation de la vie, et elle ne tarde pas à se compléter, en reproduisant une queue semblable à celle qu'elle a perdue. Le jeune individu, au contraire, formé aux dépens de cet organe, est destiné exclusivement à la multiplication de l'espèce. Son canal alimentaire tend à s'atrophier, et l'animal paraît ne se nourrir, pour ainsi dire, que des matières préexistantes dans son corps : mais il renferme la totalité des organes générateurs que possédait la syllis agrégée dont il faisait partie, et, après sa séparation, il continue de vivre pendant assez longtemps pour que ces organes remplissent leurs fonctions, produisent soit des œufs, soit des spermatozoïdes, et assurent de la sorte la perpétuité de l'espèce.

Ainsi, tandis que l'individu primitif, qui était provenu d'un œuf, a produit un second individu par gemmiparité, celui-ci, à son tour, est uniquement destiné à la reproduction sexuelle. Chez les syllis, comme chez les méduses, l'espèce se compose donc, en quelque sorte, de plus d'un individu. De même que nous avons vu des œufs de méduses donner d'abord naissance à des polypes hydraires, qui, en se divisant spontanément, formaient de nouvelles méduses; de même nous voyons des œufs de syllis donner naissance, non à une larve (si l'on peut donner ce nom à ce premier état transitoire) aussi différente de la syllis qui les a pondus que les polypes paraissent au premier abord différents des méduses, mais à une annélide

sorte, d'une exagération de nutrition et d'accroissement du premier, il ne se nourrit ni ne s'accroît lui-même ; son rôle se borne à assurer la reproduction ; toute l'activité vitale qui est restée concentrée en lui, il l'emploie à créer et à émettre les germes destinés à perpétuer l'espèce.

Revenons à la gemmiparité des annélides. Sur une annélide des côtes de la Sicile, Milne Edwards (1) a observé, par rapport au bourgeonnement, des faits plus curieux encore que ceux que nous venons de signaler chez les naïs et les syllis. Chez ce ver, auquel il a donné le nom de *Myrianide à bandes* (*Myrianida fasciata*, fig. 37) (*), l'individu souche, au lieu de produire par bourgeonnement un seul petit, en forme jusqu'à six, qui sont réunis en chapelet à l'extrémité postérieure de son corps, et qui, de même que chez les syllis, renferment les organes de la génération, parties dont l'individu souche est lui-même privé.

Fig. 37. — *Myrianide à bandes.*

Or, ces petits se constituent précisément dans le point où naissent les nouveaux anneaux chez les larves d'annélides, c'est-à-dire entre le segment caudal ou anal et le dernier segment du tronc ; mais tous ne se forment pas en même temps, et ils sont d'autant plus jeunes qu'ils sont placés plus près de l'individu producteur. On voit, sur la fig. 37, que le petit qui s'était formé le premier devait, dans le principe, se trouver entre le segment terminal du tronc de l'annélide adulte et son anneau caudal, qui, refoulé en arrière par le bourgeon reproducteur, aura dès lors cessé d'appartenir à l'annélide mère, et sera devenu un des zoonites constitutifs de l'être en voie de formation. Le second petit, situé au-devant du premier, a dû se développer entre celui-ci et le même anneau terminal du tronc de l'adulte ; il ne pouvait être en rapport avec l'anneau caudal primitif, et il ne peut être considéré que comme étant produit sous l'influence du dernier anneau du tronc de l'individu souche. Il en aura été de même pour le troisième petit, puis pour le quatrième, et ainsi de suite.

Il est aussi à noter que, dans ces reproductions par bourgeons, les jeunes individus se sont développés de la même manière que lorsqu'ils provenaient d'un em-

(1) *Observations sur le développement des Annélides* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, *Zoologie*. 1845, t. III, p. 170).

(*) La figure 37 représente la *Myrianide à bandes*, grossie au double, avec six petits développés successivement et par bourgeonnement à son extrémité postérieure. — *a*, l'individu mère ; — *g*, le premier des petits, c'est-à-dire le plus âgé ; — *f*, le second ; — *e*, le troisième ; — *d*, le quatrième ; — *c*, *b*, le cinquième et le sixième, composés à peine de quelques anneaux.

bryon. En effet, le nombre de leurs anneaux a augmenté peu à peu ; c'est la tête et l'anneau caudal qui se sont constitués d'abord, et c'est entre le dernier segment de la série céphalique ou ses dérivés et le segment anal que s'est formé successivement chaque zoonite nouveau. Ainsi, le plus jeune de ces singuliers animaux, réunis en chapelet à l'arrière du corps de l'individu souche, se composait de dix anneaux seulement, tandis que le second en avait quatorze, le troisième seize, le quatrième dix-huit, le cinquième vingt-trois, et le sixième, qui était l'aîné de tous, et qui terminait postérieurement cette série, en présentait trente. Il était en même temps facile de se convaincre, ajoute Milne Edwards, que, chez chacun de ces petits êtres, la série des anneaux du tronc s'était formée d'avant en arrière : ces anneaux étaient d'autant plus avancés dans leur développement, qu'ils étaient situés plus près de la tête, qui pourtant offrait à peu près le même volume ; enfin l'anneau caudal était partout plus complet que les segments postérieurs du tronc, de sorte que, suivant toute probabilité, c'était entre ce segment terminal et le dernier segment du tronc que se constituait chacun des zoonites nouveaux dont l'organisme s'enrichissait.

Ces détails caractérisent assez le curieux phénomène de reproduction dont il s'agit, pour montrer que tous ces exemples de multiplication d'annélides sont des cas de reproduction gemmipare ou par bourgeonnement, et nullement de fissiparité. Nous croyons donc n'avoir pas besoin d'y insister davantage.

III. — OVIPARITÉ, OU REPRODUCTION PAR GERMES.

Nous venons de voir certains animaux inférieurs se reproduire, tantôt par la scission naturelle de leur corps en deux parties également aptes l'une et l'autre à reconstituer le type, tantôt par la formation de bourgeons sur certains points du corps, par la végétation de ces bourgeons, et leur séparation quand ils ont atteint les caractères de l'espèce. Nous avons vu également que toutes ou presque toutes les portions de l'animal étaient susceptibles de se compléter après le phénomène de la division spontanée, et que la force reproductrice résidait également dans chacune d'elles, tandis que nous avons retrouvé, seulement dans des points déterminés, la faculté végétative qui préside au développement des bourgeons. Cette tendance à la concentration des forces qui produisent l'être nouveau, à la spécialisation des facultés procréatrices et des organes reproducteurs, se prononce de plus en plus, et, en se localisant, imprime à la fonction un nouveau caractère de perfectionnement. C'est ce qui se réalise, chez les animaux les plus élevés, à l'aide de la *procréation par germes.*

En général, il faut entendre par *germes* des amas de matière organique se formant dans des organes spéciaux, et susceptibles de devenir, d'eux-mêmes ou par l'adjonction d'un autre élément, des corps organisés semblables à ceux qui les ont produits. Le germe diffère du bourgeon en ce qu'il ne se développe pas, comme celui-ci, sur l'être vivant qui l'a formé : contenant en lui-même, primitivement ou consécutivement, tout ce qui est nécessaire à la formation d'un être nouveau, il ne se développe, pour constituer le jeune, qu'après s'être détaché de l'individu souche, tout à fait isolé de lui, et à une distance plus ou moins éloignée. Quand les apparences sont différentes, cela ne vient pas de ce que le germe s'est développé sur la mère, mais seulement de ce que, par l'effet de certaines circonstances d'organisation, il a dû contracter avec elle de nouveaux rapports; comme

il arrive, par exemple, pour les œufs qui se développent dans une poche particulière, créée à cet usage, destinée à nourrir l'embryon tout le temps de sa première formation, et qu'on nomme *matrice*.

Ou bien ces germes, avons-nous dit, peuvent se développer, primitivement, spontanément, d'eux-mêmes, sans l'adjonction d'aucune autre matière germinative; ou bien, au contraire, ils ne donnent naissance à un nouvel être qu'après s'être préalablement unis à une matière germinative différente, destinée à les compléter, et dont l'influence est indispensable à la manifestation de leurs propriétés reproductives. Les germes de la première espèce ont reçu le nom de *spores*; ceux de la seconde, de beaucoup les plus nombreux, les seuls peut-être qui soient affectés à la multiplication des animaux, portent celui d'*œufs* ou d'*ovules*.

Tous les végétaux désignés par les botanistes sous le nom de cryptogames se reproduisent par *spores*. On n'a pas observé, chez eux, la formation d'un élément mâle, nécessaire, comme dans les autres plantes, au développement du germe, et l'on a appelé *spores* leurs corpuscules reproducteurs, pour les distinguer des ovules qui, dans les végétaux phanérogames, ne se développent qu'après avoir subi l'influence du pollen ou de la favilla.

Il est douteux que, chez les animaux, il existe un seul exemple de ce mode de reproduction. Si l'on distingue de ce qu'on entend réellement par spores, les bourgeons caducs ou bulbilles, dont nous avons parlé en décrivant les divers modes de gemmiparité, il est vraisemblable que, dans tous les cas où l'existence d'organes génitaux doubles n'a pas été constatée encore, les corpuscules reproducteurs ne reçoivent néanmoins leur aptitude à se développer que de l'influence qu'exercent l'un sur l'autre deux individus de sexes différents, ou du moins deux éléments matériels différents, élaborés chez le même individu.

Toutefois on a longtemps admis la reproduction à l'aide de spores, chez un grand nombre d'êtres inférieurs, et notamment parmi les zoophytes, chez les acalèphes et les polypes.

Fig. 38.

Laurent (1) croit à ce mode de génération, pour la spongille et l'hydre de Trembley. Il a figuré, chez la spongille ou éponge d'eau douce, des corpuscules reproducteurs qui paraissent aptes à se développer sans avoir contracté d'union avec aucun élément organique différent. Ces corpuscules, qui seraient de véritables spores, se séparent à certaines époques de la masse amorphe de l'éponge, nagent dans l'eau à la manière de la plupart des infusoires, c'est-à-dire à l'aide des nombreux cils vibratiles qui sont implantés sur toute la surface de leur corps, puis se fixent aux branches des végétaux aquatiques ou à quelque autre objet submergé. Devenus alors immobiles, ils prennent de l'accroissement; n'offrent plus que les phénomènes de mouvement vague et de contraction plus ou moins sensible qui appartiennent aux éponges; se caractérisent par la formation de spicules, qui leur consti-

(1) *Recherches sur l'Hydre et quelques Éponges d'eau douce*. Paris, 1844.

tuent une charpente d'une solidité variable, comme il arrive chez tous les autres spongiaires; enfin, deviennent le siége de courants plus ou moins actifs, destinés à favoriser sur tous les points le travail de la nutrition.

Le même observateur décrit aussi, comme de véritables spores, les germes *sb* qu'on voit se développer, à certains moments de l'année, chez le polype d'eau douce (voy. fig. 38).

Ces spores ou ces œufs se manifestent, comme les bourgeons, le plus souvent, à la base du pied, quelquefois sur tous les points de l'enveloppe externe de l'animal. Ils ne paraissent que dans l'arrière-saison, lorsqu'aucun autre bourgeon ne se développe, et ordinairement au nombre de quatre à la fois, tous de même grandeur, sous la forme de pustules à base large, qui deviennent de plus en plus sphériques. Après avoir acquis leur plus grand volume, ils distendent la peau, la déchirent et s'échappent au dehors. Leur enveloppe mucoso-cornée paraît constituer une véritable coque, et leur contenu fluide renferme un grand nombre de globules. Dans chacun de ces corpuscules se développe un polype, et l'animal en sort tantôt par l'extrémité postérieure, tantôt par la tête, pour aller se fixer et vivre dans l'eau, à la manière de l'individu qui lui a donné naissance.

Ces observations de Laurent confirment et complètent les observations antérieures de Pallas, Ehrenberg, etc. Cependant les recherches de quelques autres anatomistes paraissent prouver que ces prétendues spores ne sont autre chose que des œufs, et que leur formation, chez l'hydre, coïncide avec la production d'un autre élément, dont l'action est indispensable à leur développement ultérieur. Sous ce rapport, le polype d'eau douce se comporterait donc comme la plupart des autres polypes, sur lesquels nous possédons des notions plus précises, c'est-à-dire que, chez eux, comme chez les animaux qui leur sont supérieurs, la reproduction consisterait dans l'union et dans l'action réciproque des deux éléments organiques dont nous allons bientôt décrire les caractères généraux. D'après Siebold (1), ces deux parties se forment, chez l'hydre, sur le même individu; tandis que, chez quelques autres, elles ne se développent que sur des individus distincts, ou même, comme il arrive pour plusieurs êtres de la même classe, sur des animaux appartenant à des polypiers différents.

Cependant une exception bien remarquable à un principe aussi général se réalise chez certains insectes, c'est-à-dire chez des animaux d'une organisation très élevée, dont la génération se fait toujours par le concours des sexes, et pour lesquels, plus peut-être que pour d'autres, l'union des œufs et du sperme semble être une nécessité de la reproduction. Cette exception, encore inexpliquée et néanmoins constatée avec toute la garantie que peuvent donner à un fait les soins des observateurs les plus illustres, est relative à la génération des *pucerons*. Personne n'ignore que les pucerons sont de petits insectes hémiptères qui s'attachent en grand nombre aux jeunes pousses de certains végétaux, de hêtre, de rosier, etc., en sucent les humeurs, en recoquillent les feuilles et y occasionnent des enflures d'une grosseur quelquefois monstrueuse. Ces animaux vivent en troupes considérables, et se multiplient dans l'été avec une grande facilité: toutefois, au moment où, sous l'influence de la chaleur, leur fécondité est extrême, il n'y a parmi eux aucun mâle. Déjà Leeuwenhoek (2) avait reconnu que les pucerons femelles sont vivi-

(1) *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*. Berlin, 1845, t. I, p. 46.
(2) *Arcana naturæ*, t. I, lettre XC.

pares, et que les petits sortent de leur corps la tête la dernière. D'après une indication de Réaumur (1), Charles Bonnet (2) entreprit, en 1740, une série d'observations sur un puceron séquestré à la sortie du corps de sa mère, et sur les générations qui en provinrent, pour décider si ce puceron se multiplierait sans accouplement. Ses expériences eurent un plein succès, et démontrèrent que, même pour un nombre considérable de générations, l'accouplement n'était pas nécessaire : Bonnet alla jusqu'à la neuvième génération. En 1825, Duvau (3) a repris l'étude du même phénomène, et a constaté encore la viviparité des pucerons, sans accouplement, jusqu'à la onzième génération. De Geer, Frisch, Réaumur et Lyonnet avaient vérifié et répété souvent les observations de Bonnet, de sorte que le fait est complétement hors de doute. Mais, vers la fin de l'été, en général après sept ou huit générations, on voit naître des individus différant un peu, par leur forme, des femelles qu'on avait seules observées jusqu'alors : ce sont des mâles. Bientôt l'accouplement a lieu, et il en résulte, non plus la naissance de petits pucerons vivants, mais la ponte d'un grand nombre d'œufs. Tandis que le mâle et la femelle meurent dans l'automne, l'œuf résiste au froid de l'hiver, et, à la nouvelle saison, donne naissance à une femelle, laquelle produit elle-même une nouvelle génération vivipare, celle-ci une autre, et ainsi de suite, jusqu'à la fin de l'été, et jusqu'à la naissance de nouveaux mâles.

Telles sont les principales phases de ce singulier phénomène, dont il est encore difficile de donner une explication satisfaisante. On avait d'abord supposé que les pucerons sont hermaphrodites ; mais Léon Dufour, Dutrochet (4) et quelques autres anatomistes ont disséqué avec soin les appareils générateurs des femelles, sans y rencontrer aucun organe analogue à ceux qu'ils ont observés chez les mâles. Dutrochet a même vu les fœtus de pucerons, contenus dans les tubes ovariques, d'autant plus gros qu'ils étaient plus près de l'oviducte, et le derrière tourné vers ce conduit excréteur, ce qui coïncide avec l'observation de Bonnet et de Leeuwenhoek, qui ont vu des pucerons naître à reculons. On est donc obligé de rapporter ce mode de génération à un de ceux dont nous nous sommes occupé jusqu'à présent. Peut-être se forme-t-il des spores intérieures qui, au lieu de se développer seulement hors du corps maternel, comme les spores de l'éponge ou du polype d'eau douce, donnent naissance aux jeunes dans les organes mêmes où elles se sont produites. Peut-être ces petits pucerons sont-ils dus à un bourgeonnement intérieur, analogue à celui que nous avons décrit chez un certain nombre d'animaux inférieurs, en traitant de la gemmiparité ; et nous inclinons volontiers vers cette seconde hypothèse, puisque l'existence de véritables spores est tout à fait problématique et de moins en moins probable : seulement, cette faculté de bourgeonner, que nous avons vue passer, à mesure qu'on s'élève dans la série animale, de l'extérieur du corps à l'intérieur, de la surface générale à un point de plus en plus limité, et enfin à un appareil spécial, se trouverait localisée, chez le puceron, dans un seul organe, qui d'ailleurs, comme chez tous les animaux, et chez l'hydre elle-même, jouirait également de la faculté de produire des bourgeons et de celle de former des œufs.

(1) *Mémoires sur les Insectes*, t. III, p. 329.
(2) *Œuvres complètes*. Neufchâtel, 1779, t. I, p. 1 et suiv.
(3) *Nouvelles recherches sur l'histoire naturelle des Pucerons* (*Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. V, p. 224 ; et *Mémoires du Muséum*, t. XIII).
(4) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1833, t. XXX, p. 204.

Quant à l'intérêt que présente le même fait, relativement à la série de générations qui se succèdent depuis l'apparition d'une génération de mâles jusqu'au retour d'une nouvelle génération de mâles, ce mode multiple de reproduction paraît se rapprocher, par son essence, de celui que nous avons déjà signalé à propos des reproductions par *scissiparité* et par *gemmiparité*. Il en est peut-être des pucerons comme de quelques acalèphes, comme de certaines annélides : l'individu né d'un œuf commence, sous l'influence de la saison, de certaines circonstances, ou de sa propre organisation, à se reproduire par bourgeonnement, et c'est seulement après une ou plusieurs reproductions de ce genre, que reparaissent dans sa race la disposition sexuelle, la séparation des sexes, et toutes les conditions de l'oviparité. Ici encore le type spécifique ne serait pas limité à un individu, mais il s'étendrait à toute une race comprise entre deux générations successives de mâles. Assurément, le nombre immense de générations vivipares des pucerons donne, avec plusieurs autres circonstances, un degré de complication plus grand à ce singulier phénomène : pourtant il paraît possible de l'assimiler à ceux que nous venons de rappeler.

Quoi qu'il en soit, chez la plupart des animaux qui se reproduisent par germes, sinon chez tous, il est nécessaire, comme nous le disions tout à l'heure, que le germe s'unisse à un autre élément organique, pour devenir susceptible de se développer. On le nomme alors *œuf* ou ovule, et l'on appelle *sperme* la matière vivifiante qui le complète. L'acte par lequel le sperme s'unit à l'œuf et rend celui-ci apte à devenir, par les progrès de l'évolution, un animal semblable à celui dont il provient, est désigné sous le nom de *fécondation*.

Avant d'étudier comment cet acte s'accomplit, dans l'espèce humaine, et quels phénomènes le précèdent ou le suivant, nous décrirons, d'une manière générale, les parties constituantes de l'œuf et du sperme, ainsi que les divers modes d'après lesquels s'opère la fécondation, dans la série animale.

Notions générales sur l'œuf, le sperme, la fécondation et les divers modes d'oviparité.

A. — Chez tous les animaux, l'*œuf* se compose de trois parties essentielles : d'une enveloppe membraneuse, ou *membrane vitelline ;* d'un contenu granuleux, *vitellus* ou *germe ;* et d'une vésicule particulière, désignée sous le nom de *vésicule germinative* ou *prolifique*.

A ces éléments essentiels se mêlent, chez certaines espèces, comme les oiseaux, les squales, les céphalopodes, etc., des *éléments accessoires* ou *nutritifs*, auxquels on donne le nom de *jaune*.

Nous décrirons avec détail chacune de ces parties en étudiant l'œuf humain, et alors seulement nous pourrons faire connaître, d'une manière complète, les différences qui existent entre les œufs de tous les animaux, le rôle que joue chacun de leurs éléments, le mode de formation de ces derniers, et, par conséquent, l'origine et le développement de l'œuf avant la fécondation. Maintenant nous devons nous borner à signaler les faits principaux et à donner une idée générale de la constitution de l'œuf.

La *membrane vitelline* est ordinairement transparente, tantôt mince et fibreuse, comme chez les oiseaux, tantôt épaisse et d'une structure plus obscure, comme

chez les mammifères. Sa face interne est en rapport immédiat avec la substance vitelline ; sa face externe touche d'abord à l'ovaire ou aux cellules granuleuses de la vésicule de de Graaf, et plus tard à la première couche d'albumine qui se dépose autour de l'œuf.

Le *vitellus* ou *germe* consiste en un amas plus ou moins volumineux de granules qu'un fluide de nature albumineuse tient réunis. Il est sphérique et forme tout le contenu de l'œuf chez l'homme, les mammifères et une foule d'invertébrés; tandis que chez les oiseaux, les reptiles écailleux, les poissons cartilagineux, il n'est représenté que par la *cicatricule*, point restreint, circulaire, aplati en forme de disque, au centre duquel est enchâssée la vésicule germinative.

La *vésicule germinative*, découverte pour la première fois par Purkinje dans l'œuf de l'oiseau, plus tard par Coste dans l'œuf des mammifères, et, depuis, dans l'œuf de tous les animaux, a paru à quelques physiologistes être l'élément important du germe, ce qui lui a fait donner les noms de *vésicule du germe*, *vésicule germinative* ou *prolifique*. Elle est formée d'une enveloppe, ordinairement très élastique, et d'un contenu fluide. Ce contenu, quelquefois tout à fait transparent et d'autres fois granulé, tient souvent en suspension un ou plusieurs corpuscules découverts par Wagner, et nommés par lui *taches germinatives*. Toujours présente sur l'œuf pris dans l'ovaire, et constituant un de ses éléments tout à fait caractéristiques, cette vésicule ne se voit plus après la déhiscence : du reste, on ne sait pas encore la manière dont elle disparaît, ni le rôle qu'elle est destinée à jouer dans le travail générateur.

Le *jaune*, ou *partie nutritive*, dont la couleur, la consistance et la quantité varient selon les espèces, est ordinairement formé, dans l'œuf arrivé à maturité, de vésicules assez volumineuses, à parois excessivement ténues et remplies de granules très fins. Soumis à l'analyse chimique, il se montre composé d'une matière grasse ou huileuse, à laquelle se mêle un élément albuminoïde.

Outre les parties essentielles, et pour ainsi dire élémentaires, sans lesquelles il ne saurait exister, l'œuf s'entoure souvent, après être sorti de l'ovaire, de parties secondaires, fluides, ou membraneuses, quelques-unes même solides : ce sont l'albumine ou le blanc d'œuf, la membrane coquillière ou testacée, le test, et la coque ou coquille, tantôt molle, tantôt dure, cornée ou pierreuse, etc.

En général, ces divers éléments secondaires, qui ne sont, à proprement parler, que des enveloppes, se forment autour des œufs qui doivent être pondus et résister, pendant un temps plus ou moins long, aux influences atmosphériques. C'est dire assez que, s'ils sont très développés chez les oiseaux, les reptiles écailleux, etc., ils n'en existent pas moins, bien qu'à des degrés divers, chez un grand nombre d'autres espèces.

Il est difficile de dire comment se forme l'œuf, et cette question mérite d'être examinée un peu plus loin : on sait seulement qu'il est une époque où le vitellus n'y existe pas ou ne s'y trouve qu'en si faible quantité, que l'œuf paraît exclusivement formé d'une vésicule germinative et d'une membrane vitelline ; à mesure qu'il se développe, la masse du vitellus augmente, et finit par lui donner le volume qu'il doit avoir dans chaque espèce. C'est alors seulement que, si les autres circonstances sont favorables, l'œuf se détache du lieu où il a été formé, qu'il est pondu, et devient susceptible de fécondation et de développement.

B. — Le *sperme* est un fluide consistant, blanchâtre, doué d'une odeur souvent caractéristique et d'une réaction alcaline. Vauquelin en a retiré de la soude libre, des phosphates calcaires et une matière qu'il a appelée extractive; Berzelius a reconnu que cette matière, à laquelle il donna le nom de *spermatine*, est coagulable dans l'eau et l'alcool, et soluble dans l'acide sulfurique étendu; enfin, dans la laitance de carpe, Fourcroy et Vauquelin ont trouvé du phosphore.

Nos connaissances sur la composition du sperme se réduiraient à bien peu de chose, si elles se bornaient à ces quelques faits de constitution chimique. Mais le microscope a été plus utile, dans la détermination des divers éléments organiques dont se compose ce liquide. En effet, il y a déjà plus d'un siècle et demi, Leeuwenhoek, et avant lui Hamm, étudiant en médecine à Leyde, y découvrirent un nombre incalculable, non d'animaux proprement dits, mais de particules solides, se mouvant avec rapidité à la manière d'animalcules, en un mot, de véritables corpuscules vivants, connus aujourd'hui sous le nom de *spermatozoïdes*.

Ces petits corps sont doués de facultés bien remarquables : l'étincelle électrique, la strychnine, les narcotiques, détruisent en eux tout mouvement. Leur vitalité paraît d'ailleurs être plus grande, dans la liqueur excrétée au moment du coït, que dans celle qu'on puise dans les vésicules séminales ou dans les testicules. Leurs formes et leurs dimensions varient d'espèce à espèce, mais ne paraissent pas être en rapport avec la forme, et surtout avec le volume de l'animal dont ils proviennent. Ceux du triton (salamandre d'eau douce) offrent une forme assez remarquable, et qui s'éloigne beaucoup de toutes les autres : leur filament caudal, très allongé, est le siége d'un mouvement ondulatoire fort curieux ; ce mouvement, dont l'origine n'est pas encore bien expliquée, serait produit, suivant les uns, par un long fil roulé en spirale, suivant les autres, tels que Pouchet (1), par une espèce de crête, à bord plissé en forme de manchette, qui serait attachée dans toute la longueur de la queue.

Quant à leur origine, Burdach (2) les attribue à la putridité, ou à l'effet d'une génération spontanée, comparable à celle qui préside, selon lui, à la formation des entozoaires, et il ne leur fait jouer aucun rôle dans la génération. Mais, outre que tous les actes physiologiques sont contraires à cette opinion, les principales phases de leur développement sont connues aujourd'hui. Ainsi, on avait d'abord remarqué que, dans le sperme d'un animal jeune, ou arrivant au moment du rut, outre les spermatozoïdes, on trouve encore de nombreux granules; que, chez les animaux plus jeunes, on ne trouve plus de spermatozoïdes, mais seulement des granules et des vésicules, contenus dans une des poches ou culs-de-sac membraneux plus ou moins larges qui forment la terminaison des canaux séminifères. De ces granules, on a vu se développer des filaments, d'abord isolés dans leurs vésicules individuelles, puis se groupant dans l'utricule commune, et constituant bientôt un faisceau de spermatozoïdes : ce faisceau lui-même est ordinairement enveloppé d'une grande vésicule, et c'est seulement peu à peu que les zoospermes se désagrégent, en commençant par leur extrémité terminale, et finissent par devenir libres.

Le canal déférent renferme ces spermatozoïdes tout formés, et à l'état de liberté : chez plusieurs animaux, leur développement s'achève dans les utricules

(1) *Mémoire sur la structure des zoospermes du* Triton cristatus (présenté à l'Institut en 1845). — *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*. Paris, 1847, p. 306.
(2) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan. Paris, 1837, t. I. p. 133.

testiculaires ; mais, chez les êtres inférieurs, il est probable que ces produits n'en sortent qu'imparfaits, et qu'ils se développent ensuite dans le trajet du canal déférent.

Enfin, de même que, dans les œufs de quelques animaux, des parties accessoires s'ajoutent aux éléments essentiels, de même les spermatozoïdes de plusieurs espèces s'entourent de productions analogues, destinées à les protéger contre l'influence des milieux, et leur formant des espèces de réservoirs qui, souvent par un mécanisme très singulier, les déversent dans les lieux propres à la fécondation. Plusieurs mollusques possèdent, pour leurs spermatozoïdes, de pareils moyens de transport : tels sont les spermatophores de la sèche ; de même, chez certains crustacés, les spermatozoïdes seraient renfermés, d'après Goodsir, dans des espèces d'utricules prises d'abord pour les spermatozoïdes eux-mêmes. Mais nous ne connaissons encore que peu de faits analogues à ceux-ci.

C. — La *fécondation* est l'acte qui rend l'œuf susceptible de se développer. Elle est produite par la pénétration des deux éléments dont nous venons de donner une idée générale : de l'œuf et du sperme. Le sperme, en effet, n'agit pas sur l'organe qui forme le germe, mais sur le germe lui-même ; il agit encore, non sous forme d'effluves, mais directement et matériellement. Outre que ces hypothèses d'action indirecte, ou d'effluve, inventées seulement pour l'homme et pour les mammifères, devaient tomber devant l'observation des animaux inférieurs ; les expériences de Spallanzani, Prévost et Dumas, Haigthon, Coste, etc., démontrèrent que, chez les uns comme chez les autres, le contact matériel de l'œuf et de la liqueur séminale est seul capable de produire la fécondation. Bien plus, par plusieurs de leurs expériences, Prévost et Dumas prouvèrent, non-seulement l'action, mais l'action individuelle des spermatozoïdes : car, ayant dilué une goutte de sperme, et en ayant compté les spermatozoïdes, ils virent le nombre des œufs fécondés par cette goutte, non-seulement ne pas dépasser, mais même n'égaler jamais le nombre de ces corpuscules. Enfin les mêmes observateurs, chez les grenouilles, et plus récemment Coste, Barry, Bischoff, etc., chez les chiens, les lapins et plusieurs autres mammifères, ont vu qu'il y a toujours contact immédiat de l'œuf avec les spermatozoïdes. Il est facile de répéter leurs observations ; d'ailleurs nous devrons bientôt y revenir.

Disons maintenant, d'une manière succincte, comment s'opère la fécondation, et quelles modifications caractérisent cet acte dans les diverses classes du règne animal.

Les animaux inférieurs sont hermaphrodites, c'est-à-dire qu'un seul individu produit à la fois les œufs et le sperme, et que, pour cela, il est pourvu en même temps d'ovaires, ou organes femelles, dans lesquels se forment les œufs, et de testicules, ou organes mâles, dans lesquels se forme le sperme. En outre, les organes mâles et les organes femelles se ressemblent le plus souvent ; ils ne diffèrent qu'en ce que les uns renferment des zoospermes, les autres des œufs. Dans le plus grand nombre de cas, le contact et le mélange de ces deux éléments s'opère dans le sein maternel ; mais quelquefois les deux produits sont jetés dans l'eau, milieu dans lequel vivent le plus grand nombre de ces êtres, et, en se rencontrant, ils opèrent la fécondation. Cette disposition existe, par exemple, chez les stéphanomies (1).

(1) MILNE EDWARDS, *Description des* Stephanomia contorta *et* S. prolifera (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, 1841, *Zoologie*, t. XVI, p. 217).

Il y a là hermaphrodisme complet, relativement à l'animal qui se reproduit ; mais, en même temps, hermaphrodisme très incomplet, quant à la manière dont sont assurés les résultats de la fécondation.

Chez quelques échinodermes, le but de cet acte est atteint plus sûrement, bien que ses procédés ne diffèrent guère du mode très simple que nous venons de citer : chez les synaptes, par exemple, animaux très transparents, qu'on rencontre dans la vase ou dans le sable, les organes génitaux filiformes sont appendus à la partie antérieure du corps, et flottent librement dans la cavité abdominale, entre l'intestin et la peau. Les œufs forment des espèces de colonnes au centre de tous ces filaments, et autour d'eux sont rangés des mamelons remplis de spermatozoïdes, se vidant par la pression même qu'exercent sur eux, en se développant, les œufs qu'ils sont destinés à féconder (1). Il en est probablement de même chez les Edwardsies (2). F. Schultze a signalé un cas fort curieux d'hermaphrodisme accidentellement aussi complet, chez le ténia. Il a vu une fois, et il a montré à Rudolphi (3) et à J. Müller (4), cet helminthe accouplé avec lui-même, une partie du corps s'infléchissant volontairement vers l'autre, et se comportant comme mâle à l'égard de celle-ci, qui jouait le rôle de femelle. Ce sont là des cas de l'hermaphrodisme le plus complet qu'on puisse citer. Mais, chez d'autres animaux également hermaphrodites, il n'en est pas de même, et l'excédant de la liqueur spermatique, sortant du conduit génital, peut féconder d'autres œufs. Chez le pecten, par exemple, on trouve, auprès du pied, des organes mâles et femelles : ces organes versent leurs produits dans un point où ceux-ci se rencontrent, et où les œufs commencent à se développer en embryons ; mais les excédants de ces produits, ou de l'un d'eux, œufs ou sperme, peuvent sortir sans s'être unis, et la fécondation peut s'opérer de même hors du corps de l'animal, soit entre des produits mâles et femelles à lui appartenant, soit entre l'un de ses produits et l'autre produit d'un animal de la même espèce (5).

D'autres fois, bien qu'il y ait hermaphrodisme, le même individu ne peut pas se suffire à lui-même. Krohn (6) en a signalé dernièrement un exemple remarquable chez les biphores ou salpa. Ces animaux, de l'ordre des molluscoïdes ou tuniciers, forment, en s'accouplant, de longues chaînes flottantes ; ils possèdent des organes mâles et des organes femelles, de sorte qu'ils peuvent fournir également l'un et l'autre des éléments de la fécondation ; mais ces deux éléments ne se développent pas simultanément dans le même individu, et comme ces animaux s'accouplent, chacun d'eux ne saurait, à la même époque de sa vie, remplir à la fois les fonctions de mâle et de femelle. Il s'établit donc chez eux une division de travail très singulière : dans le jeune âge, leurs ovaires étant développés, et formant des œufs, ils peuvent alors jouer, et jouent, en effet, le rôle de femelles ; plus tard, l'ovaire s'atrophie, l'appareil testiculaire entre en activité, et alors ils jouent le rôle de mâles. Ainsi, les jeunes individus remplissent les fonctions de femelles à l'égard des

(1) DE QUATREFAGES, *Mémoire sur la Synapte de Duvernoy* (*Rec. cit.*, 2e série, t. XVII, p. 19).

(2) IDEM, *Mémoire sur les Edwardsies, nouveau genre de la famille des Actinies* (*Rec. cit.*, t. XVIII, 2e série, p. 65).

(3) *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1845, t. II, p. 45.

(4) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. II, p. 591.

(5) Voyez MILNE EDWARDS, sur l'*Hermaphrodisme des Pectens* (*Ann. des sciences nat.*, 1842, 2e série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 321).

(6) *Observations sur la génération et le développement des Biphores* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, *Zoologie*, 1846, t. VI, p. 110).

vieux, et ceux-ci, à leur tour, se comportent exclusivement comme des mâles et fécondent les jeunes. C'est là une première tendance vers la division du travail physiologique et vers la distinction des sexes.

Chez d'autres espèces de mollusques, l'hermaphrodisme est, pour ainsi dire, plus complet. Chez les limaces, par exemple, deux individus sont toujours nécessaires pour la fécondation ; mais ils se fécondent l'un l'autre, et se servent à la fois, et réciproquement, de mâle et de femelle. On a jeté, il est vrai, quelques doutes sur la réalité de cet acte, et l'on a prétendu qu'il n'y avait pas double fécondation, mais seulement copulation double. Ainsi, d'après Gaspard (1), l'*Helix pomatia* s'accouple deux fois : vingt-cinq ou trente jours après le premier accouplement, l'individu seul qui a été fécondé pond des œufs, et, quelques jours après, a lieu un second accouplement, destiné à opérer la fécondation de l'autre individu. Cette hypothèse a été soutenue de nouveau, il y a peu de temps. Steenstrup (2), surtout, refuse à tous les animaux, d'une manière absolue, la possibilité de jouer en même temps le rôle de mâle et celui de femelle, et prétend qu'ils ne peuvent remplir ces deux fonctions qu'alternativement et à des époques différentes. Mais, outre qu'on n'a pas apporté des preuves à l'appui de cette opinion, le fait contraire a été irrécusablement observé chez d'autres mollusques. D'ailleurs, il y aurait encore, même à ce point de vue, une grande différence entre les biphores, qui ne sont alternativement aptes à remplir les fonctions de femelle ou de mâle qu'à deux âges de leur vie éloignés l'un de l'autre, et les limaces, qui possèdent la même aptitude, sinon au même instant, du moins dans la même saison.

Chez quelques mollusques, voisins des précédents, tels que les *Limnées*, le même individu ne peut plus agir à la fois à la manière de mâle et de femelle vis-à-vis de son compagnon ; mais il joue le rôle de mâle avec un animal de son espèce, et celui de femelle avec un autre ; de sorte qu'il en résulte des chaînes plus ou moins longues de limnées accouplées.

De là, à la division complète du travail génésique, il n'y a qu'un pas. En effet, chez tous les animaux plus élevés, non-seulement un individu ne peut pas se suffire à lui-même, mais lui seul ne remplit jamais, à l'égard d'un autre, les fonctions de mâle et de femelle, soit au même moment, soit à des époques différentes. De cette division du travail dans la fonction génératrice résulte la distinction des *sexes*. L'existence des sexes, dans les espèces animales, indique un degré fonctionnel dans lequel le travail physiologique qui, bien que double, pouvait s'opérer d'abord en un seul individu, se trouve définitivement réparti entre deux individus différents. De ces deux êtres, l'un est destiné à produire des œufs, l'autre à élaborer le sperme ; le premier a reçu le nom de *femelle*, le second celui de *mâle*. Chez l'un et chez l'autre, la différence du but génésique entraîne aussi une différence marquée dans toute l'organisation. Cette différence s'observe chez la plupart des espèces animales, dont les sexes sont distincts : elle se manifeste par des caractères frappants, chez certains insectes ; elle n'est pas moins sensible chez les animaux supérieurs, et, en particulier, dans l'espèce humaine. Au point de vue physiologique, comme sous le rapport anatomique, l'axiome des anciens est plein de vérité : « *Sexus præter genitalia inter se discrepant.* »

On donne le nom de *monoïques*, ou d'animaux à génération monoïque, aux

(1) *Journal de physiologie expérimentale*. Paris, 1822, t. II, p. 333.
(2) *Untersuchungen über das Vorkommen des Hermaphrodismus in der Natur*, 1846, traduit du danois par C. F. Hornschuch.

animaux dont nous avons parlé jusqu'à présent, chez lesquels les deux produits générateurs, nécessaires au développement d'un nouvel être, se trouvent réunis sur le même individu. On appelle *dioïques*, ou animaux à génération dioïque, ceux dont les actes et les organes génitaux sont répartis entre deux individus distincts, et pour lesquels, par conséquent, il existe deux sexes. Mais, de même que nous venons de le voir pour le premier mode d'oviparité, c'est-à-dire pour l'hermaphrodisme, il existe aussi plusieurs degrés dans la génération dioïque. Ainsi, chez la plupart des poissons osseux, la fécondation est pour ainsi dire fortuite : les femelles déposent leurs œufs dans les bas-fonds, à l'abri des courants, et s'éloignent bientôt; plus tard, après un temps variable, souvent très court, quelquefois plus long, le mâle passe dans le même lieu et y excrète sa laite; le reste de l'acte, la fécondation elle-même, est abandonné aux circonstances plus ou moins fortuites qui rapprocheront le sperme des œufs, au milieu de l'eau, comme nous en avons vu des exemples chez quelques animaux inférieurs monoïques. Chez les batraciens, tantôt le mâle suit la femelle et féconde les œufs, peu après leur sortie; tantôt il fait plus encore, comme chez les grenouilles, il s'attache à elle et arrose les œufs à mesure qu'elle les pond. Dans quelques mollusques et quelques crustacés, la liqueur séminale est mieux utilisée : au lieu d'être éjaculée directement dans le milieu où vit l'animal, elle se trouve, au moment de son expulsion, renfermée dans un spermatophore, sorte d'étui qui ne crève que par l'effet de l'eau et au moment de la sortie des ovules. Mais pour les reptiles, les oiseaux et les mammifères, de même que pour beaucoup de poissons, la fécondation est mieux assurée encore; elle s'opère, en effet, avant la ponte, et dans l'intérieur même du corps de la femelle. On donne à l'acte qui détermine cette fécondation interne le nom d'*accouplement* ou de *copulation*. Chez quelques animaux, surtout parmi les oiseaux, cette copulation est très incomplète; chez les animaux plus élevés et chez la plupart des insectes, il existe au contraire des organes spéciaux d'intromission ou de copulation qui rendent l'accouplement aussi parfait que possible.

En résumant ce que nous venons de dire des divers modes d'oviparité, on voit que tantôt œufs et sperme sont formés par le même individu, tantôt au contraire les organes producteurs de l'un et de l'autre de ces deux éléments sont l'apanage de deux êtres distincts. — Dans le premier cas, il y a ce qu'on appelle hermaphrodisme. Mais tous les animaux hermaphrodites ne le sont pas au même degré : les uns sont hermaphrodites complets, c'est-à-dire qu'ils se suffisent à eux-mêmes, soit que la fécondation se fasse dans le milieu qui les environne et après l'expulsion simultanée des œufs et du sperme, soit qu'elle ait lieu dans l'intérieur même de leurs corps; les autres sont hermaphrodites incomplets, c'est-à-dire qu'incapables de se féconder eux-mêmes, ils sont aptes à jouer, soit simultanément, soit à certains intervalles, soit à leurs divers âges, les rôles de mâle et de femelle, par rapport à un ou à plusieurs individus de la même espèce, tandis que ceux-ci remplissent à leur égard des fonctions réciproques. — Dans le second cas, ou de reproduction dioïque, tantôt la fécondation est extérieure, tantôt elle est intérieure : la fécondation extérieure peut être seulement fortuite (poissons osseux), ou s'opérer, au contraire, d'une manière directe, soit à l'aide de spermatophores (céphalopodes), soit par une fausse copulation (batraciens anoures); la fécondation intérieure est assurée par la copulation, qui peut consister elle-même dans une simple juxtaposition (oiseaux), ou dans une intromission complète (mammifères).

Pour achever de caractériser les modes divers de fécondation, et compléter le tableau de la reproduction ovipare, nous devons maintenant donner une idée très succincte des organes qui servent à former le sperme ou les œufs, dans les principaux types du règne animal, et de ceux qui sont destinés à assurer l'emploi utile de ces œufs et de ce sperme.

Un fait qui frappe au premier abord, c'est la ressemblance extrême qui existe entre l'appareil mâle et l'appareil femelle, surtout pour les parties fondamentales de l'appareil génital : chez les animaux inférieurs, cette ressemblance est telle, que Cuvier a méconnu la nature des organes de la génération chez un grand nombre de mollusques. Aujourd'hui, on ne peut guère se méprendre à ce sujet ; mais il n'existe qu'un moyen de caractériser sûrement ces organes, chez une multitude d'animaux, c'est l'examen microscopique. La présence d'œufs entraîne seule, pour l'organe où on les a trouvés, la détermination d'ovaire ; la présence de spermatozoïdes, celle de testicule.

La partie fondamentale de l'appareil génital femelle est donc l'*ovaire :* c'est l'organe où se forment les œufs. Sa structure rappelle tout à fait, dans ses variétés, celle que nous verrons bientôt appartenir aussi à la partie fondamentale de l'appareil générateur mâle. Il peut être, en effet, solide, ou creusé d'une cavité intérieure. Quand l'ovaire est massif, tantôt il constitue une simple membrane, tantôt il consiste en un organe ayant des dimensions considérables, dans les trois sens : dans l'un et l'autre cas, il peut verser directement ses produits au dehors, ou ne les laisser échapper que par l'intermédiaire d'un oviducte, canal membraneux plus ou moins long, avec lequel il est en connexion. Dans ce dernier cas, les mêmes relations que nous verrons s'établir entre le testicule et le canal déférent peuvent exister entre l'ovaire et l'oviducte : seulement, la disposition qui est ordinaire dans l'appareil mâle est exceptionnelle dans l'appareil femelle, et réciproquement. Ainsi, les ovaires en continuité avec les oviductes se trouvent seulement chez les animaux inférieurs, tandis que les ovaires séparés des oviductes, et n'entrant que momentanément en relation directe avec eux, existent chez les animaux supérieurs et dans l'espèce humaine.

L'ovaire est destiné à former seulement les parties essentielles des œufs, les seules dont la présence soit vraiment caractéristique : membrane vitelline, vitellus, vésicule germinative. Chez beaucoup d'animaux, les œufs sont expulsés à cet état de simplicité ; mais chez d'autres, bien qu'ils abandonnent l'ovaire dans le même état, ils s'enveloppent plus tard, comme nous l'avons dit, d'albumine et de diverses membranes, membrane coquillière, coquille, etc. Ces parties, qui viennent les entourer et les protéger après leur expulsion, sont produites par autant d'organes accessoires, comparables à ceux que nous verrons bientôt former des liquides qui se mêlent au sperme, avant sa sortie, ou au moment de son excrétion. Elles sont sécrétées, tantôt par les oviductes eux-mêmes, dont la structure s'est diversement modifiée à cet effet dans différents points, tantôt par des organes glandulaires particuliers, placés autour des oviductes sur certains points du trajet que doivent parcourir les œufs, comme c'est le cas pour les raies et les céphalopodes.

Dans les animaux qui s'accouplent, et surtout lorsque la copulation doit être complète, l'appareil femelle se compose encore d'un organe spécial, destiné à recevoir le membre copulateur mâle. Cet organe peut revêtir deux formes principales. Tantôt il est simple, accommodé seulement à l'organe avec lequel il doit

être en relation, et disposé de manière à laisser porter directement le sperme sur les œufs (cette forme se rencontre dans tous les cas où la liqueur fécondante doit être utilisée immédiatement après l'éjaculation); tantôt, au contraire, la même liqueur doit être mise en réserve pour servir pendant un temps, souvent très long, et pour féconder un grand nombre d'œufs: c'est pourquoi une partie du même organe se dilate en réservoir, et offre le double usage de recevoir le sperme et de le conserver. Cette dernière disposition est surtout propre aux insectes, et constitue chez eux ce qu'on a appelé une poche copulatrice. On le sait, en effet, chez plusieurs animaux de cette classe, la copulation n'a lieu qu'une fois dans la vie, le mâle meurt presque immédiatement après, et la femelle continue néanmoins à pondre, pendant un temps très long, des œufs susceptibles de se développer: ces œufs, dont un grand nombre ne sont pas même formés, à l'époque de l'accouplement, sont successivement fécondés, à mesure qu'ils grandissent, par les corpuscules spermatiques que la poche copulatrice tient en réserve et fait refluer vers les ovaires par les contractions dont elle est douée.

Enfin, une autre modification, dont il nous sera difficile de retrouver l'analogue dans l'appareil générateur mâle, peut s'introduire encore dans l'appareil femelle: elle consiste dans l'existence de chambres incubatrices, favorables au développement des œufs fécondés. Ces organes ne sont pas d'ailleurs exactement comparables, au point de vue anatomique, chez les divers animaux qui en sont pourvus; ou bien ce sont des emprunts faits à d'autres organes, ou bien ce sont des créations d'organes nouveaux, interposés à l'ovaire, où se forment les œufs, et au canal copulateur, par lequel vient le liquide fécondant. Ainsi, chez les crustacés, ces chambres incubatrices sont empruntées aux fausses-pattes; chez le pipa, à la peau du dos; chez certains mollusques, aux branchies, etc.; mais, pour ces animaux, la fécondation est extérieure. Chez ceux qui sont plus élevés, et dont les œufs sont fécondés et se développent dans l'intérieur même du corps, existe un nouvel organe qui porte le nom d'*utérus* ou de *matrice:* cette dernière disposition appartient aux mammifères.

On dirait que, chez ces derniers, les portions inférieures des canaux vecteurs se transforment en utérus, avant d'aboutir à l'extrémité du canal de copulation. Elles acquièrent une structure particulière, et deviennent aptes à remplir des fonctions spéciales, ce qui ne permet plus de les assimiler aux portions plus ou moins analogues des trompes, que les œufs parcourent chez les ovipares, ou dans lesquelles ils éclosent chez les ovovivipares. Les œufs des mammifères, n'ayant pas en eux ce qui suffit à leur développement, entrent en relation intime avec la matrice: leurs villosités, ou d'autres organes de formation embryonnaire, dont nous parlerons plus tard, y absorbent les sucs nécessaires à leur accroissement et à celui du jeune. Aussi reconnaît-on à la matrice, outre une forte enveloppe musculeuse, une membrane muqueuse propre, très développée, qui forme en s'hypertrophiant une espèce de nid pour le jeune ovule, et qui tombe et se reproduit, au moins d'une manière partielle, après chaque parturition. Pour ce qui est de sa forme, la matrice est simple, seulement chez l'homme, les singes, les édentés et les tardigrades, s'abouchant, par ses deux angles supérieurs, avec l'extrémité des trompes; elle est double chez les autres mammifères, c'est-à-dire qu'il y en a une de chaque côté, l'une droite, l'autre gauche, partant toutes deux du vagin, et se continuant d'autre part avec les oviductes: ces deux matrices sont désignées alors plus particulièrement sous le nom de *cornes utérines.* Elle est même primitivement double

dans l'espèce humaine et chez les singes, car elle résulte de la soudure médiane des deux cornes, qui existent aussi chez eux, mais seulement dans la première époque du développement embryonnaire.

Le *testicule* est l'organe essentiel de l'appareil mâle. Il a une structure plus ou moins compliquée, chez les divers animaux, et répétant, dans ses variétés, celles que nous venons de signaler pour l'ovaire. Chez les uns, il consiste en une membrane simplement plissée; chez d'autres, en des capsules réunies en grappes; chez d'autres, enfin, en un ou plusieurs tubes capillaires longuement contournés sur eux-mêmes. Ainsi l'appareil mâle se présente sous trois formes principales : membraneuse, capsulaire, tubulaire, lesquelles peuvent aisément se réduire à deux, comparables aux deux formes principales de l'ovaire: solide, ou creusée d'une cavité intérieure.

La forme membraneuse se rencontre chez les méduses, les polypes, etc. La forme capsulaire est plus fréquente : parmi les animaux les plus inférieurs, nous en trouvons un exemple chez les stéphanomies; plusieurs insectes présentent le même mode d'organisation, mais varié à des degrés divers : ce qu'il y a de plus important à rappeler, sous ce rapport, c'est que, tantôt les capsules sont simples, comme dans les forficules, où elles sont au nombre de deux ; tantôt, au contraire, elles sont nombreuses, comme dans l'abeille, qui possède peut-être 150 capsules très allongées, agglomérées et présentant réellement un état intermédiaire entre la forme capsulaire et la forme tubuleuse. Cette dernière forme de testicule, la forme tubuleuse, est la plus fréquente de toutes: dans ce cas, le tube peut encore être simple ou rameux, droit ou pelotonné, etc.

Quand le sperme s'est formé dans l'organe dont il s'agit, il doit s'unir aux œufs et les féconder. Chez quelques êtres, cette union se fait dans le corps même de l'animal, qui porte à la fois les œufs et le sperme; nous en avons déjà cité des exemples, et entre autres celui des synaptes : il n'est alors besoin de l'adjonction d'aucun organe conducteur, ou évacuateur, destiné à porter la liqueur fécondante à la rencontre de l'œuf. Mais, ainsi que nous l'avons dit, il n'en est pas de même chez le plus grand nombre: en effet, tantôt le sperme doit être déversé en dehors, tantôt il doit être porté, plus ou moins profondément, dans le corps d'un autre animal.

L'évacuation du sperme au dehors est surtout facile chez les stéphanomies, les méduses, etc., dont les testicules flottent à l'extérieur. Mais, pour tous les animaux chez lesquels cet organe, mieux protégé, est renfermé dans le corps, il doit exister quelque moyen à l'aide duquel le sperme soit versé dans le point où se trouvent les œufs. Déjà, chez quelques méduses, telles que les rhizostomes, les organes génitaux, au lieu d'être à l'extérieur comme chez les équorées, tendent à rentrer dans le corps, et circonscrivent des cavités qui débouchent directement au dehors : cependant il n'y a pas encore là de canal excréteur. Lorsque ce dernier commence à paraître, la nature l'emprunte d'abord à l'appareil digestif: ainsi, chez les polypes, les testicules entourent cet appareil digestif, et quand ils crèvent, le sperme tombe dans la cavité intestinale, pour être rejeté par la bouche. Chez le poulpe, la sèche, parmi les mollusques, et chez certains poissons, tels que la lamproie, l'anguille, etc., la liqueur fécondante n'est plus évacuée par le tube digestif. Bien que la nature n'ait encore rien créé de nouveau, ce n'est plus à cet appareil qu'elle emprunte un moyen d'excrétion : le sperme, chez les premiers, tombe

dans une poche particulière, sur un point de laquelle s'ouvre l'extrémité interne du canal qui sert à son expulsion; il tombe, chez les seconds, dans la cavité abdominale, et de là passe au dehors par un double orifice situé au voisinage de l'anus.

Mais, en général, le testicule est en rapport avec un canal excréteur qui lui est propre, et qui, le plus souvent, à l'inverse de la disposition que nous offrent l'ovaire et l'oviducte, est en continuité directe avec lui : ce canal a reçu le nom de spermiducte ou de *canal déférent*. A mesure que l'appareil mâle se perfectionne, ses deux portions, celle qui élabore le sperme et celle qui le conduit et l'évacue, deviennent de plus en plus dissemblables. A l'aide d'un appareil ainsi composé, la fécondation vague ou accidentelle peut toujours s'effectuer; mais, en outre, la fécondation directe devient possible, et son succès mieux assuré. Enfin, lorsqu'une économie plus grande, dans la distribution des matières, vient à être nécessaire, le canal excréteur se complète par la formation d'un réservoir. Ce perfectionnement, qui se rencontre déjà chez des animaux d'une organisation peu élevée, se réalise alors par un simple renflement du spermiducte. Mais bientôt un troisième élément se joint aux deux autres, une poche distincte se forme vers l'extrémité externe du canal déférent, et joue le rôle d'un véritable réservoir spermatique : elle porte le nom de *vésicule séminale*.

Il faut mentionner encore, sans les mettre néanmoins sur le même rang, quelques organes accessoires qui se rencontrent, chez les mâles, dans le voisinage des organes génitaux, vers le point où le canal déférent se termine en dehors : ce sont des glandes, quelquefois très développées, dont le nombre est assez variable dans les diverses espèces. Elles sécrètent un liquide muqueux, destiné à se mêler au sperme, à en faciliter la sortie et l'emploi, à le diluer, à contribuer peut-être à la conservation des spermatozoïdes, et même, chez quelques animaux, à former pour ces éléments de fécondation des enveloppes connues sous le nom de *spermatophores*, et qui sont destinées à les protéger momentanément.

Telles sont les parties les plus essentielles de l'appareil mâle. Toutefois elles ne suffisent pas toujours pour assurer la reproduction. En effet, dans tous les cas où il y a accouplement, et où la fécondation doit s'opérer dans l'intérieur du corps, un appareil copulateur vient s'adjoindre à l'appareil mâle, de même que nous avons vu un appareil copulateur compléter, dans ce cas, l'ensemble des organes femelles. Mais ici encore, la nature ne se hâte pas de créer un nouvel organe. Chez beaucoup de crustacés, par exemple, tels que la langouste, etc., bien qu'il y ait copulation, il n'y a pas d'organe copulateur proprement dit, ou plutôt celui-ci ne se constitue, pour ainsi dire, qu'au moment de fonctionner, par le retournement, ou le renversement en dehors, de la portion terminale du canal déférent : il ne peut y avoir, comme on le voit, une forme plus simple. Quand la copulation doit se faire plus fréquemment ou d'une manière plus complète, la nature ne se contente plus de faire un emprunt, elle crée un organe spécial, vasculaire, érectile, entourant l'extrémité du canal excréteur, et connu sous le nom de *verge* ou de *pénis*. Chez les tortues, ce pénis est très simple : il consiste seulement en une gouttière. Chez des animaux mieux constitués, il se complète et forme un véritable tube. Enfin, pour plusieurs autres, dont la réunion sexuelle doit durer plus longtemps, la nature ajoute au pénis de nouveaux organes, destinés à fixer le mâle à la femelle d'une manière plus ou moins solide. Ainsi la verge des papillons, par exemple de la pyrale de la vigne, formée par le spermiducte, qui se renverse en dehors, est hérissée de nombreux aiguillons, qui s'introduisent facilement en fais-

ceau, mais qui se redressent ensuite et s'accrochent si solidement, dans l'intérieur du vagin, qu'on ne peut l'en retirer. Chez la plupart des autres insectes, il y a autour du pénis des appareils copulateurs d'une autre forme, mais d'une action aussi énergique : des vésicules, des pinces, des crochets, des espèces de cornes, etc. Il en est de même pour certains mammifères : chez le chien, entre autres, il existe un simple renflement qui, par l'effet de l'érection pendant le coït, rend momentanément impossible la disjonction des sexes.

Nous venons de parler des éléments de la fécondation et des organes qui les préparent, de l'incubation et des appareils où elle s'opère; mais ces actes ne sont pas les seuls auxquels se borne toujours la reproduction ovipare. Souvent, en effet, après que l'incubation est terminée, les matières nutritives que le jeune porte avec lui ne suffisent plus à son développement; et cependant ce fœtus ne peut pas encore se nourrir lui-même, et trouver une réparation convenable dans les aliments qui seront appropriés plus tard à son organisation. Des éléments nouveaux s'ajoutent alors aux appareils principaux de la génération: quelquefois, par un simple emprunt organique, comme chez les oiseaux, il y a sécrétion, dans l'un des estomacs, d'un liquide nutritif spécial, que la mère déverse par son bec, pour en nourrir son petit. Mais, en général, un appareil particulier se constitue : cet appareil, dévolu à la femelle, et destiné à sécréter un liquide nutritif doué de caractères généraux non équivoques, porte le nom d'*appareil mammaire*. Sa présence a paru suffisante pour caractériser toute une classe de vertébrés, les Mammifères.

Ainsi, dans l'oviparité en général, comme dans les autres modes de génération, et en particulier dans chacun des divers actes dont se compose l'ensemble des phénomènes de la reproduction ovipare, c'est par la division du travail que le perfectionnement s'opère, des animaux inférieurs aux animaux les plus élevés. Le phénomène est ici plus compliqué que dans la scissiparité et dans le bourgeonnement, à cause de la multiplicité même des faits qui le constituent. Ces faits pouvant se grouper entre eux de bien des manières, suivant l'organisation des animaux, leurs conditions d'existence, les milieux qu'ils habitent, il en résulte une immense variété de moyens, variété d'autant plus remarquable que le principe et le but sont partout identiques. Les décrire ou même les énumérer tous, nous aurait beaucoup trop éloigné de notre principal but, qui est de faire connaître la reproduction de l'homme. Nous avons donc esquissé seulement les modifications les plus importantes, celles auxquelles peuvent se rattacher toutes les autres. — Il en est une dernière dont nous n'avons pas parlé, parce qu'elle n'est ni aussi générale, ni aussi en rapport avec les divers actes de la génération de l'homme, mais que nous devons pourtant citer, parce qu'elle nous offre un exemple, encore plus remarquable que tous les précédents, de la division du travail physiologique; c'est le mode d'oviparité particulier à certains insectes, notamment aux abeilles. En effet, chez ces animaux, deux individus ne suffisent plus pour accomplir tous les actes de la reproduction de l'espèce : une division plus grande, une distribution nouvelle, s'introduisent dans les rôles de la maternité. Outre les mâles qui sécrètent le sperme, outre les femelles qui produisent et pondent les œufs, il existe des *neutres*, ou plutôt des femelles inféconds, qui, incapables de produire par elles-mêmes, sont destinées à soigner les œufs, à élever les jeunes, et sont pourvues d'organes accessoires sécréteurs très développés, qui leur permettent de jouer, à l'égard de ces derniers, le rôle de nourrices.

DE LA REPRODUCTION DANS L'ESPÈCE HUMAINE.

Le mode de reproduction de l'homme ne diffère pas, dans ses actes les plus généraux, du mode de reproduction commun à la plupart des espèces animales, dont nous venons de tracer le tableau sous le titre d'*oviparité*. En outre, la plupart des faits de détail qui s'y rattachent sont entièrement comparables à ceux qui caractérisent l'oviparité chez les mammifères, c'est-à-dire, chez les animaux les plus rapprochés de l'espèce humaine et formés sur le même type qu'elle. Les nombreuses découvertes dont s'est enrichie, pendant les dernières années, l'histoire de la génération de l'homme et des mammifères, doivent non-seulement autoriser, mais encore imposer une telle conclusion, comme la seule qui soit réellement compatible avec l'observation directe. En effet, tous les points correspondants que, jusqu'à ce jour, il a été permis d'étudier à la fois chez l'homme et chez les mammifères, sont exactement semblables. Cette parfaite analogie donne le droit de conclure, comme l'a fait depuis longtemps Coste (1), et après lui, Courty (2) et Pouchet (3), que, si l'on n'a pas pu observer encore, directement, tous les degrés de l'ovologie humaine, on n'en a pas moins le pouvoir de se former sur leur ensemble une conviction éclairée, et de tracer déjà une histoire à peu près complète du développement de l'homme. Ainsi, on peut décrire aujourd'hui presque tous les phénomènes de cet acte physiologique si longtemps environné de mystères. L'obscurité qui l'enveloppait étant l'unique source des systèmes les plus divers dont il fut successivement l'objet, nous nous abstiendrons d'entrer dans une discussion inutile, sur toutes les hypothèses antérieures à l'état actuel de l'ovologie humaine. L'histoire de cette science importe peu à son exposition. La certitude incontestable des faits récemment acquis nous permettra de juger plus loin, en quelques mots, les théories de l'évolution ou de l'épigénèse, de la préexistence des germes et de leur emboîtement, des ovistes ou des spermistes, etc., qui ont si longtemps divisé les esprits, et tour à tour triomphé dans les écoles, tant qu'aucun fait positif n'a pu servir de base aux idées plus ou moins bizarres que suggérait aux plus grands esprits l'insuffisance des observations.

Nous chercherons encore moins à rappeler ici les idées que l'antiquité se faisait de la génération de l'homme, surtout avant Aristote et Hippocrate. L'opinion des premiers philosophes, qui furent aussi les premiers savants, ne nous offre sous ce rapport aucun intérêt ; nous ne sommes même pas sûrs qu'elle n'ait point été altérée par leurs historiens, et nous ne connaissons aucun des motifs sur lesquels ils la basaient. Aussi, quoi que nous en aient dit Platon, Aristote, Plutarque, Galien, nous ne parlerons ni des systèmes d'Alcméon ou d'Anaxagore, ni de ceux d'Empédocle, qui le premier, dit-on, nomma *amnios* la membrane qui renferme le fœtus et les eaux dans lesquelles il nage, ni de ceux de plusieurs autres. Faisons observer seulement que, déjà à cette époque, des discussions régnaient sur la prédominance de l'un ou de l'autre sexe, ou sur leur égale influence dans l'acte de la génération ; les uns faisant provenir le germe du mélange de deux éléments éga-

(1) *Embryogénie comparée*, cours recueilli par GERBE et MEUNIER. Paris, 1837, t. I, p. 189.
(2) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*. Montpellier, 1845, p. 11, 89.
(3) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation des mammifères et de l'espèce humaine, basée sur l'observation de toute la série animale*. Paris, 1847, p. 11.

lement importants, l'un mâle, l'autre femelle; les autres pensant que l'embryon vient uniquement de la semence du père, et que la mère lui fournit seulement la place où il doit se développer.

A ces idées purement spéculatives succédèrent deux systèmes qui devaient jouir d'une plus grande faveur, parce qu'ils étaient l'expression de la pensée de deux hommes profondément observateurs, propres tous deux, par l'étendue de leurs connaissances et la force de leur raisonnement, à étayer une opinion de toute l'autorité du génie. Hippocrate (1) supposa que les deux sexes possèdent chacun deux semences, l'une forte, l'autre faible, dont ils tirent la source de toutes les parties de leur corps, et principalement des centres nerveux; que le mélange de ces liqueurs dans l'utérus, sous l'influence de la chaleur propre de cet organe, donne naissance à l'embryon; enfin que, de ces deux semences, la plus forte engendre les mâles, et la plus faible les femelles. D'un autre côté, Aristote (2) admit que le fluide séminal, dont il reconnaît l'existence seulement chez le mâle, renferme quelque chose d'éthéré et d'immatériel, contient surtout l'élément des autres parties, et fournit la forme de l'embryon avec le principe de son mouvement; il admit encore que, la femme n'ayant pas de semence, le sang des menstrues en tient lieu chez elle; que ce sang est épaissi par le principe éthéré de la semence de l'homme, et qu'enfin l'embryon naît de cette coagulation. En un mot, pour rappeler les expressions d'Aristote, le sang menstruel est le marbre, le sperme le sculpteur, le fœtus la statue.

Ces deux systèmes, tout absurdes qu'ils nous paraissent aujourd'hui, n'en ont pas moins traversé presque tous les siècles qui précèdent le nôtre, et été adoptés simultanément ou alternativement, l'un surtout par les médecins, l'autre par les philosophes. Fabrice d'Acquapendente (3), puis Malpighi (4), en étudiant avec soin le développement du poulet, introduisirent les premiers, dans la science, plusieurs faits positifs qui durent commencer à jeter quelque défaveur sur de pareilles idées. Mais la question fut attaquée d'une manière bien plus directe par les expériences de Régnier de Graaf (5): ce célèbre anatomiste, ayant ouvert souvent des femelles de mammifères, quelque temps après l'accouplement, et observé sur l'ovaire autant de déchirures qu'il comptait d'œufs dans l'intérieur de l'utérus, reconnut par là l'importance des vésicules ovariques qui, depuis ce temps, ont conservé son nom, et les regarda comme de véritables œufs. Malgré toutes les objections qui s'élevèrent contre elle, cette opinion devait avoir un grand retentissement: car, si les femelles des mammifères, si la femme elle-même, produisaient des œufs, le problème de la génération de l'homme se confondait avec celui de la génération des animaux ovipares, et sa solution en devenait d'autant plus facile. Swammerdam (6) éleva sur ce sujet une vive discussion, dans laquelle il attribua à Van Horne la priorité de la découverte.

Mais en 1677, peu après les travaux de de Graaf, une nouvelle découverte, qui avait déjà arrêté, en un autre sens, le progrès de la science, en fournissant de

(1) *Lib. de genitura* et *Lib. de dieta*. Lugduni Batavorum, 1665, t. I, p. 129, 198.
(2) *Histoire des animaux*, traduite par Camus. Paris, 1783, liv. VII.
(3) *De formatione ovi et pulli.—De formato fœtu* (*Opera omnia anatomica et physiologica*. Lugduni Batavorum, 1737.
(4) *De formatione pulli in ovo. Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens* (*Biblioth. anatom.* de Manget).
(5) *De mulierum organis generationi inservientibus*. Leyde, 1672.
(6) *Miraculum naturæ, sive uteri muliebris fabrica*. Leyde, 1679.

nouvelles armes à l'hypothèse des générations spontanées, vint s'opposer aussi au développement des idées d'oviparité chez les mammifères, et détourner de cette direction tous les observateurs : nous voulons parler de la découverte des spermatozoïdes par Leeuwenhoek. En outre, une question qui avait déjà divisé les esprits au sujet des ovules fut alors agitée de nouveau à l'occasion des spermatozoïdes : celle de savoir si l'homme se forme postérieurement à la fécondation, ou s'il existe déjà tout formé dans la semence du mâle, à l'état d'*homunculus*. Dans ces molécules mouvantes et évidemment douées de la vie, révélées par le microscope, le plus grand nombre voulut voir de véritables animaux, auxquels il ne restait plus qu'à prendre de l'accroissement. En conséquence, la femelle fut, pour ainsi dire, dépossédée de la faculté de produire un nouvel individu. Elle ne fut plus considérée que comme une espèce de terrain plus favorable qu'un autre à sa germination ; de sorte que, pour les partisans de la préexistence et de l'emboîtement des germes, c'était, non plus la première femme, mais le premier homme qui aurait porté toutes les générations dans son sein.

Quoi qu'il en soit, deux faits n'en furent pas moins acquis à la science : d'une part, l'existence des spermatozoïdes ; de l'autre, la possibilité de la formation d'œufs dans l'ovaire.

La plupart des travaux entrepris depuis ce moment sur la génération prirent ces deux faits pour point de départ : aussi est-il probable que, si l'influence de Buffon n'eût entravé leur marche, ils auraient reçu dès longtemps le complément naturel que notre époque leur a donné.

Les recherches de de Baer et celles de Coste levèrent enfin tous les doutes sur l'existence de l'œuf, que, jusqu'à eux, on avait seulement soupçonnée : dès lors la génération de l'homme et des mammifères put être assimilée à celle des animaux ovipares, et toutes les observations dont elle a été postérieurement le sujet n'ont fait que confirmer et étendre cette manière de voir. Il nous faudra donc étudier, à propos de la reproduction de l'espèce humaine, les éléments que nous avons vus intervenir et les actes que nous avons dit s'effectuer dans le mode de reproduction par germes ou par œufs. Ainsi nous nous occuperons d'abord de l'œuf et du sperme, — puis de l'action réciproque qu'ils exercent l'un sur l'autre, — enfin de l'évolution de l'œuf fécondé et du développement de l'embryon qui y est contenu.

I. — ÉLÉMENTS DE LA REPRODUCTION DANS LES DEUX SEXES.

A. — De l'œuf.

Nous venons de dire que l'époque à laquelle on soupçonna l'existence d'un œuf, chez la femme, n'est pas très éloignée de nous, et que cette existence fut mise hors de doute seulement dans ces dernières années. D'abord les physiologistes s'étaient sans doute laissé dominer par l'idée que notre espèce devait présenter une exception ; ou du moins, ne saisissant pas l'analogie de la génération des ovipares et de celle des vivipares, ils pensaient qu'aucun mammifère ne se reproduit par des œufs. On avait, il est vrai, remarqué depuis longtemps, sur les ovaires, l'existence de vésicules de diverses grosseurs. Plusieurs anatomistes, tels que Vésale, Fallope, Riolan, etc., en avaient même donné la description. Mais on les

prenait pour des hydatides, jusqu'à ce que J. Van Horne (1) eut émis le premier l'idée qu'elles étaient peut-être de véritables œufs.

Bientôt Régnier de Graaf (2) formula nettement cette dernière idée, et même, comme nous l'avons fait voir, avec une apparence de fondement. Il crut surtout la justifier, en montrant que la plus grande ressemblance existe entre les vésicules ovariques et les œufs contenus dans l'ovaire des oiseaux. Enfin, dans le but de dévoiler partout cette analogie, d'ailleurs tout à fait superficielle, il prit la peine d'observer lui-même, et de faire examiner par Stenon, les ovaires d'un grand nombre d'animaux de toute espèce. Mais, on le comprend bien, ses efforts échouèrent, lorsqu'il voulut suivre ces prétendus œufs, à travers les trompes, jusque dans la matrice. Aussi G. Cruikshank (3), un siècle après, observant des œufs dans les trompes utérines des lapines, et les trouvant plus petits que les *ova Graafiana*, n'eut pas de peine à conclure que ceux-ci ne pouvaient être de véritables œufs, et rendit l'existence de ces derniers, chez la femme, plus problématique encore.

Cependant les œufs que l'anatomiste anglais avait su trouver dans les trompes, Prévost et Dumas (4), en 1825, crurent les voir deux fois sur l'ovaire de la chienne, sous la forme de corps sphériques extrêmement petits, renfermés dans la vésicule de de Graaf. Enfin, en 1827, C. E. de Baer (5), comme nous le disions plus haut, mit un terme à ces oscillations de l'opinion des physiologistes, en découvrant l'œuf chez l'homme et chez les mammifères, et en démontrant, de la manière la plus positive, qu'il existe dans l'ovaire, avant la conception.

Malheureusement, tout en décrivant avec exactitude la position de cet œuf et ses rapports avec le contenu de la vésicule de de Graaf, E. de Baer resta en dehors de la vérité, dans l'interprétation qu'il en donna; car, au lieu d'en reconnaître la nature réelle, il crut ne voir en lui qu'une vésicule, comparable à la vésicule que Purkinje (*) venait de découvrir presque en même temps dans l'œuf de l'oiseau. De là le nom d'*ovule*, dont il eut soin de se servir pour exprimer la prétendue différence entre l'œuf des mammifères et celui des ovipares; de là la comparaison qu'il établit entre l'œuf de l'oiseau tout entier et la vésicule de de Graaf elle-même; de là, enfin, la théorie erronée qu'il donna des modifications particulières de l'oviparité chez les mammifères (**). Aussi

(1) *Prodromus observationum circa partes genitales in utroque sexu.* Leyde, 1668.

(2) *De mulierum organis generationi inservientibus.* Leyde, 1672. Voyez le chap. *De testibus muliebribus, sive ovariis.*

(3) *Philosophical Transactions*, 1797, t. I, p. 197.

(4) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. III, p. 135.

(5) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi.* Leipsick, 1827.—*Lettre sur la formation de l'œuf dans l'espèce humaine et dans les mammifères*, traduite par G. Breschet, dans son *Répertoire général d'anatomie et de physiologie pathologiques.* Paris, 1829.

(*) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem.* Breslau, septembre 1825.—Ce travail, publié en l'honneur du cinquantième anniversaire du doctorat de J.-F. Blumenbach, ne se répandit d'abord que par échange entre les universités. Connu de DE BAER et de quelques autres, il resta ignoré du public scientifique, jusqu'à ce qu'une édition publiée à Leipsick en 1830 l'eût répandu dans le commerce.

(**) « On peut donc admettre, » dit DE BAER à l'avant-dernière page de son mémoire (*Lettre sur la formation de l'œuf, etc.*, dans le *Répertoire* de Breschet, Paris, 1829), « si l'on a égard à l'ovaire et » au corps maternel en général, que la *vésicule de de Graaf constitue l'œuf des mammifères.* » Quant à l'évolution de cet œuf, elle diffère grandement de celle de l'œuf des autres animaux, chez » lesquels le *noyau de l'œuf* sort tout entier de l'ovaire, non-seulement pour servir d'habitation au » fœtus futur, mais pour se transformer lui-même en fœtus. Dans les mammifères, au contraire, la » vésicule, incluse dans la vésicule de de Graaf, contient un vitellus plus développé, et se montre

Coste (1), en démontrant, en 1834, l'existence d'une *vésicule germinative* dans l'œuf de l'homme et des mammifères, et, par là, en assimilant cet œuf à celui des oiseaux et des autres ovipares, compléta la découverte de de Baer et en assura le fruit.

Ainsi, dans l'espèce humaine, l'ovaire renferme des œufs qui préexistent à toute fécondation, et qui offrent, quant aux parties essentielles ou fondamentales, une constitution identique avec celle des œufs contenus dans l'ovaire des oiseaux. Nous reviendrons bientôt sur toutes les particularités que présente leur organisation, et sur la manière dont ils se développent; mais nous devons étudier d'abord les poches ovariques dans lesquelles on les rencontre.

Les *vésicules de de Graaf* (*ova Graafiana*) sont des espèces de kystes se présentant toujours en certain nombre dans la profondeur des ovaires ou à leur surface, et ayant des dimensions très variables, selon qu'elles commencent à se développer ou qu'elles approchent plus ou moins de leur maturité. Loin de préexister aux œufs et de les sécréter, comme on l'a cru quelque temps, elles sont une conséquence de la formation des germes, et constituent autour d'eux un appareil adventif destiné à les protéger, à favoriser leur maturation, à effectuer leur expulsion spontanée.

L'ovaire de la femme, dont il est inutile de rappeler ici la forme et la situation, est composé d'un tissu dense, ferme, rougeâtre, parcouru par de nombreux vaisseaux sanguins, offrant, quand on l'examine au microscope, l'aspect de faisceaux entrelacés de tissu cellulaire, et désigné par Baer (2) sous le nom de *stroma*. Il est revêtu immédiatement par une membrane blanche, solide, de structure fibreuse (*tunique albuginée* ou *enveloppe propre de l'ovaire*), et extérieurement par le péritoine, qui, l'environnant de toutes parts, lui adhère d'une manière intime. Lorsque les œufs se forment dans l'épaisseur de ce tissu, par un mécanisme dont nous essayerons plus loin de caractériser la nature, ils déterminent autour d'eux, comme il arrive en une foule d'autres circonstances dans l'économie animale, la formation de petites vésicules.

Ces vésicules, d'abord imperceptibles à la surface des œufs qui sont profondément situés, sont formées d'une mince membrane appliquée autour de leur enveloppe immédiate. A mesure que les œufs se développent, elles augmentent peu à peu de volume, se remplissent d'un liquide qui les distend progressivement, compriment le stroma environnant, en déterminent pour ainsi dire le feutrage et s'en forment des parois consistantes. A ce moment, elles ont atteint et même dépassé la surface de l'ovaire, au-dessus de laquelle elles proéminent sous la forme de petites tumeurs parcourues par de nombreux vaisseaux, fortement injectées de sang, et faisant effort sur les tuniques albuginée et péritonéale, dont elles sont près de déterminer la rupture. Leur volume est alors très considérable, relativement au volume total de l'ovaire (*) : d'ailleurs, cet organe présente d'ordinaire une seule

» être le véritable œuf par rapport au fœtus futur. On pourrait dire que c'est l'*œuf fœtal dans l'œuf* » *maternel*. Les mammifères ont donc un œuf dans l'œuf, ou, s'il est permis de se servir de cette » expression, ils ont un œuf élevé à la seconde puissance. »

(1) *Recherches sur la génération des mammifères*, par COSTE, suivi de *Recherches sur la formation des embryons*, par Delpech et Coste. Paris, 1834, p. 29.

(2) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi*. Leipsick, 1827.

(*) Voyez planche I, fig. 1.

vésicule à ce degré de développement; il est rare qu'on en trouve deux et surtout trois, sur un seul des ovaires ou réparties entre les deux. Chez les femelles de la plupart des mammifères, leur volume est un peu moindre et leur nombre bien plus grand; ces différences dépendent du nombre de petits que peuvent produire les diverses espèces dans une seule portée.

Les vésicules de de Graaf offrent à considérer une enveloppe ou paroi, et une cavité. La cavité est tapissée elle-même d'une membrane propre et renferme un liquide particulier.

Outre le feuillet péritonéal qui entoure l'ovaire, et la tunique albuginée, plus ou moins amincie, qui limite de toutes parts son tissu propre, on reconnaît *deux membranes* propres aux vésicules de de Graaf : l'une externe, plus forte, rétractile, constituée par l'espèce de feutrage que détermine la pression centrifuge du liquide s'accumulant dans la vésicule; l'autre interne, formée d'un tissu cellulaire plus délicat, et plus riche en vaisseaux sanguins (*), qui, devenant le siége d'une inflammation à la suite de l'expulsion de l'œuf, aura la plus grande part dans la formation de la cicatrice volumineuse, connue sous le nom de *corps jaune*. Les vaisseaux de ces deux feuillets membraneux et leurs principales divisions ont été figurés depuis longtemps par les anatomistes qui se sont occupés des ovaires et de leurs follicules, notamment par de Graaf (1), et d'une manière plus théorique par Swammerdam (2). Nous les avons représentés (**), d'après nature, sur un ovaire de femme, en même temps que nous avons montré leurs rapports avec les deux feuillets d'enveloppe de la vésicule (fig. 39, *v*).

Fig. 39.—*Coupe synthétique d'une vésicule de de Graaf* (***).

La vésicule de de Graaf est doublée, à sa face interne et dans toute son étendue, par une membrane formée de cellules à contenu granuleux, et à laquelle de Baer (3) a donné le nom de *membrane granuleuse* (fig. 39, *g*), et Coste (4), avec plus de raison, celui de *membrane celluleuse*. Elle est composée, en effet, comme nous venons de le dire, d'une multitude de cellules dont on distingue le plus souvent, à l'aide du microscope, et la paroi et le noyau. Ces cellules renferment dans leur cavité des granulations plus ou moins nombreuses; elles se touchent mutuellement, exercent assez de pression les unes sur les autres pour revêtir la forme polygo-

(*) Voyez planche I, fig. 1.

(1) *Histoire anatomique des parties génitales de l'homme et de la femme qui servent à la génération.* Bâle, 1679, p. 108. pl. XV.

(2) *Miraculum naturæ.* Leyde, 1679, p. 34.

(**) Voy. planche I, fig. 1.

(***) *Coupe synthétique d'une vésicule de de Graaf.*—*fe*, feuillet externe; —*fi*, feuillet interne; —*v*, ramifications vasculaires se distribuant à l'un et à l'autre; — *i*, cavité intérieure pleine d'un liquide transparent, albumineux; — *g*, membrane celluleuse; — *c*, cumulus ou disque proligère; — *œ*, œuf offrant, de dehors en dedans, la membrane vitelline (zone transparente), le vitellus, la vésicule du germe.

(3) *Entwickelungsgeschichte der Thiere.* Königsberg, 1837, t. II, p. 179.

(4) *Hist. génér. et particul. du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 163.

nale; ne prennent, pour la plupart, un aspect arrondi que dans le point où se trouve l'œuf; sont retenues enfin et comme mastiquées par un liquide albumineux d'une viscosité extrême. La membrane qu'elles constituent n'offre pas une bien grande résistance et ne renferme pas de vaisseaux sanguins : les travaux de Bischoff (1), les observations de Coste (2), de Courty (3), ainsi que notre propre vérification, ne nous permettent pas d'en douter. Pouchet (4) ne peut avoir soutenu l'opinion opposée, qu'en ayant pris le feuillet sous-jacent pour la membrane celluleuse ou granuleuse elle-même, mince et presque translucide : évidemment il a commis une erreur, surtout en ajoutant qu'il croit avoir vu les vaisseaux de la membrane celluleuse passer sur l'ovule que celle-ci recouvrait. L'œuf, en effet, n'a aucune espèce de liens vasculaires avec ce qui l'entoure, comme nous allons le voir en étudiant ses rapports avec la précédente membrane.

Dans le point ordinairement le plus rapproché de la superficie de l'ovaire, et correspondant à la partie libre de la vésicule de de Graaf qui se rompra, les cellules qui forment cette membrane sont plus nombreuses, et constituent un renflement, un épaississement discoïde (fig. 39, *c*) (*), auquel de Baer (5) avait donné le nom de *cumulus* ou *disque prolígère*, par suite de la fausse analogie qu'il établissait entre ce disque granuleux et la cicatricule de l'œuf de l'oiseau. L'œuf (fig. 39, *œ*) (**) est logé, et pour ainsi dire niché au milieu de ces granules, dont il ne dépend par aucun lien, ni vasculaire, ni filamenteux. Mais, comme ces granules, un peu plus pressés les uns contre les autres, sont plus étroitement unis dans le point indiqué, soit entre eux, soit à l'œuf qu'ils entourent de tout côté, il s'ensuit qu'ils restent adhérents à ce dernier, après l'ouverture de la vésicule de de Graaf, et qu'ils lui constituent une espèce de zone ou de disque, jusqu'à ce que la dissection, ou l'action naturelle de la trompe et du liquide qu'elle contient, en les dissociant peu à peu, en ait débarrassé l'ovule d'une manière plus ou moins complète.

Chez quelques mammifères, notamment chez le lapin, le dépôt granuleux n'est pas borné à la surface interne de la vésicule et au pourtour de l'œuf; il forme encore des espèces de filaments s'entrecroisant, se soudant entre eux, et sillonnant en divers sens la cavité du follicule de De Graaf. Bien qu'ils aient été niés par Bischoff (6), qui, sans doute, n'a pu les apercevoir, il est assez facile d'en constater la présence. Seulement, au lieu de nous ranger à l'avis de Barry (7), et de voir, dans ces prolongements qu'il désigne sous le nom de *rétinacles*, des espèces de *gubernaculum* de l'œuf, nous croirions plutôt, avec Coste (8), que leur formation n'a pas de but particulier, et qu'elle résulte simplement d'une abondance extrême de granules, au milieu desquels le liquide s'est creusé des lacunes et des sillons irréguliers, pendant l'accroissement de la vésicule ovarique.

Enfin, le liquide (fig. 39, *i*) dont est remplie cette petite poche est très abon-

(1) *Traité du développement de l'homme et des mammifères.* Paris, 1843, p. 7.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 164.
(3) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine.* Montpellier, 1845, p. 30.
(4) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, etc. Paris, 1847, p. 72.

(*) Voyez aussi planche I, fig. 1.

(5) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi.* Leipsick, 1827, p. 13, 18.

(**) Voyez aussi planche I, fig. 1, *o*, *o*.

(6) *Traité du développement de l'homme et des mammifères.* Paris, 1843, p. 8.
(7) *Philosoph. Transact.*, 1838, part. II, p. 320.
(8) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 166.

dant dans l'espèce humaine, au moment de la maturité. Clair, visqueux, il ne contient que des granulations microscopiques avec quelques globules huileux et transparents. Quand on ouvre une vésicule de de Graaf bien distendue, et près de se rompre, il s'en échappe avec force, entraînant quelquefois avec lui le renflement discoïde de la membrane granuleuse, et par conséquent l'œuf lui-même, enchâssé dans ce cumulus. Si l'on veut alors examiner l'œuf, il faut l'agiter légèrement avec la pointe d'une aiguille, pour favoriser la disjonction ou la dissolution des granules qui l'entourent, et le tenir toujours humecté; mais, comme l'action de l'eau altère son organisation, et que le liquide de la vésicule de de Graaf sèche bientôt autour de lui, on obvie à cet inconvénient en plaçant l'œuf dans de l'humeur aqueuse préalablement extraite de l'œil, ou, à son défaut, dans de l'eau légèrement sucrée; enfin on le porte sous le microscope.

L'*œuf*, ainsi isolé, se présente sous la forme d'une petite sphère ayant, à l'état de maturité, un diamètre d'environ 1/10e à 1/7e de millimètre, environnée d'une membrane qui offre l'aspect d'un espace transparent, et renfermant une matière granuleuse plus ou moins obscure avec une vésicule intérieure très claire; en un mot, composée des éléments que nous avons déjà désignés sous les noms de *membrane vitelline*, *vitellus* et *vésicule germinative*.

La *membrane vitelline* (*) se présente sous l'aspect d'un anneau clair fort large, dont les contours externe et interne sont accusés par deux lignes circulaires bien tranchées, tandis que l'intervalle est tout à fait transparent. De là le nom de *zone transparente* que lui avait donné de Baer (1) en la décrivant pour la première fois, et que Bischoff (2) lui a conservé, tout impropre qu'il est. De Baer l'avait encore nommée *chorion*, eu égard à la partie de l'œuf qu'elle représente plus tard, pendant le développement. Coste (3) lui a donné, avec plus de raison, le nom de *membrane vitelline*, pour rappeler son analogie avec la membrane du jaune de l'oiseau. Krause (4) et G. Valentin (5) avaient pensé que c'était une simple couche d'albumine enveloppant la sphère du jaune; les mêmes auteurs, et, après eux, Wharton Jones (6), Barry (7) et R. Wagner (8), supposèrent en outre l'existence d'une membrane vitelline propre, située en dedans de cette zone, et mise en évidence par la rétraction du vitellus. Mais l'une et l'autre opinion sont également dénuées de fondement. Bernhardt (9), Henle (10), J. Müller (11) et Courty (12) adoptent avec

(*) Voyez planche I, fig. 2 et 3, *m*, *v*.

(1) *De ovi mammalium et hominis genesi*, p. 9. — *Ejusdem Commentarius in* HEUSINGER'S *Zeitschrift*. Bd. 2, Heft 2, p. 168, 190.—Voyez aussi la traduction de BRESCHET, dans son *Répertoire d'anatomie*. Paris, 1829.

(2) *Ouvr. cit.*, p. 9.

(3) *Recherches sur la génération des mammifères*. Paris, 1834, p. 27. — *Embryogénie comparée*. Paris, 1837, p. 80.

(4) MÜLLER'S *Archiv*, 1837, p. 27.

(5) *Repertorium*, t. III, p. 100.

(6) *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1835, t. VII, p. 209.

(7) *Philosoph. Transact.*, 1838, part. II, p. 316.

(8) *Traité de physiologie*. — *Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets. Bruxelles, 1841, p. 40, 49.

(9) *Symbolæ ad ovi mammalium historiam*. Breslau, 1834, p. 17, 40.

(10) *Anatomie générale*, trad. par Jourdan. Paris, 1843, t. II, p. 546.

(11) *Manuel de physiologie*, trad. par Jourdan. Paris, 1845, t. II, p. 605.

(12) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*. Montpellier, 1845, p. 42.

raison l'interprétation de Coste. Si Pouchet (1) a prétendu que cette zone pourrait bien être l'effet du développement que prennent les œufs en traversant les trompes, cela tient sans doute à ce qu'il n'a pas observé suffisamment l'œuf dans l'ovaire.

Quand on comprime l'œuf sous le microscope, ou quand on le fend à l'aide d'une aiguille très fine, pour déchirer la membrane vitelline, on voit que celle-ci, en laissant échapper son contenu, conserve néanmoins toute son épaisseur (*). Cette épaisseur est très apparente à la surface de la déchirure, et aucun liquide ne s'écoule par l'effet de la pression. La membrane vitelline paraît d'ailleurs hyaline, sans texture déterminée, et douée d'une grande élasticité; car elle ne se rompt que difficilement, et après s'être fortement distendue et déformée sous l'effort du compresseur.

Le *vitellus* (**) touche de toutes parts à la paroi interne de cette membrane. Il consiste en une quantité innombrable de très fins granules, unis ensemble par une humeur très visqueuse, et susceptibles d'éprouver un retrait en masse, lorsque de l'eau pénètre, par endosmose, entre lui et la membrane vitelline. Ce retrait est la principale cause de l'erreur dans laquelle sont tombés, comme nous venons de le dire, certains anatomistes qui supposaient la masse vitelline entourée d'une membrane particulière, extrêmement ténue. Pour se convaincre qu'il n'en est rien, il suffit de déchirer la zone transparente : on voit alors s'en échapper, non la masse du jaune, mais les granules qui la composent, plus ou moins dissociés. Pouchet (2) a commis encore une erreur en avançant que la substance du jaune est formée de vésicules, remplies elles-mêmes d'un fluide dans lequel nagent des granules. Cette dernière disposition ne se rencontre que dans les œufs des oiseaux et dans tous ceux qui se rapportent au même type ; elle n'existe jamais chez l'homme et chez les mammifères. Il résulte même, de cette différence et de quelques autres, une interprétation nouvelle de l'œuf des vivipares, sur laquelle nous aurons à revenir bientôt, quand nous devrons comparer cet œuf à celui des ovipares, et lorsque nous nous occuperons du phénomène de la segmentation du vitellus.

La *vésicule germinative* (***) est, comme son nom l'indique, une petite vésicule de 1/35e à 1/30e de millimètre en diamètre, très fragile, fort transparente, se détruisant si facilement après la mort, que de Baer ne l'avait pas aperçue. Après Coste (3), à qui on doit sa découverte, Bernhardt (4) l'étudia avec soin chez plusieurs mammifères, et Wharton Jones (5) confirma le résultat de ces recherches par de

(1) *Théorie de l'ovulation spontanée.* Paris, 1847, p. 50.

(*) Voyez planche I, fig. 3, *m*, *v*.

(**) Voyez planche I, fig. 2, 3, *j*.

(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1847, p. 51 et suiv.

(***) Voyez planche I, fig. 2, 3, *v*, *g*.

(3) *Recherches sur la génération des mammifères.* Paris, 1834, p. 29.

(4) *Ouvr. cit.* — On a si souvent disputé à Coste la découverte de la *vésicule germinative* dans l'œuf des mammifères, qu'il est bon de citer ici la première phrase du travail d'A. Bernhardt. Elle suffit pour établir sans partage les droits de l'embryologiste français : « Quamnam eligerem materiam pro doctoris gradu disputaturus, quùm diù multùmque hæsitarem, accidit, ut, quæ tunc forte innotuerant, Costii circà mammalium ova experimenta reiteranda mihi proponerentur, eo potissimùm animo, ut istius auctoris de vesicula prolifera mammalium commenta— talia enim tunc videbantur— novis fidisque redarguerer observationibus. »

(5) *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1835, t. VII, p. 209. — On pourrait croire encore, sur la foi de plusieurs auteurs, que Wharton Jones a vu le premier la vésicule du

nouvelles observations. Elle est enveloppée par les granules du vitellus, qui peuvent la dissimuler, suivant le sens dans lequel l'œuf se trouve tourné sur le porte-objet; car elle a une position excentrique, et se trouve parfois presque en contact avec un des points de la membrane vitelline. Elle est parfaitement sphérique, formée d'une paroi membraneuse très délicate et d'un contenu liquide, variable chez les divers animaux. Tantôt ce liquide, hyalin, transparent, et d'une pureté extrême, comme cela a lieu dans l'œuf de la poule, n'est troublé par la présence d'aucun corpuscule solide; tantôt, au contraire, il renferme une certaine quantité de corpuscules, dont le nombre, l'aspect, les dimensions diffèrent beaucoup d'une espèce à l'autre. R. Wagner (1), qui les a signalés le premier, leur a attribué une grande importance, et leur a donné le nom de *taches germinatives*. Mais cette dénomination est doublement impropre; car, non-seulement ce ne sont pas des *taches*, mais encore rien n'indique qu'elles doivent jouer le rôle de germe, et ne justifie, par conséquent, l'expression de *germinatives*. On en jugera par les considérations suivantes.

D'abord l'existence de ces prétendues taches n'est pas constante. Outre que Purkinje (2) n'avait jamais vu de corpuscules germinatifs dans la vésicule de l'œuf des oiseaux, R. Wagner lui-même (3) avait signalé la difficulté, et le plus souvent l'impossibilité où l'on est d'en découvrir un seul. Coste (4) ne fut pas plus heureux dans cette délicate recherche, et, de plus, il démontra que l'apparence d'une tache germinative ne se manifeste, chez la poule, que quelque temps après la mort, par suite de l'exposition à l'air et d'une véritable altération organique; chez la raie, qu'après un séjour dans l'eau plus ou moins prolongé, etc. Courty (5) affirme aussi qu'elle manque totalement dans les vésicules d'un certain nombre d'animaux; tandis que chez plusieurs autres, et en particulier chez certains lézards, on compte plus de trente corpuscules germinateurs. Coste (6), répétant ses premières expériences, s'est convaincu de nouveau que son apparition se lie à l'influence purement physique de circonstances extérieures chez la poule, la dinde, le vanneau, le canard, etc.

Ainsi, d'un côté, la vésicule germinative est homogène, et privée de tout corpuscule intérieur, chez un grand nombre d'oiseaux et chez certains poissons; d'un autre côté, elle tient en suspension un corpuscule unique, chez l'homme et les mammifères, les mollusques gastéropodes, les oursins, les ascidies composées, etc. Enfin, elle est pourvue de corpuscules multiples chez les lézards, les tortues, les squales, les crustacés décapodes, etc. Ces corpuscules se présentent, tantôt sous la forme de vraies cellules ou de globules; tantôt comme un amas granuleux, régulièrement sphéroïdal, situé au voisinage de la paroi de la vésicule germinative.

germe dans l'œuf des mammifères, si sa publication n'était postérieure d'une année à celle de Coste, et s'il n'avait reconnu lui-même, depuis cette époque, les droits de ce dernier anatomiste à la priorité de cette découverte, notamment dans un rapport sur l'ovologie, publié dans le *British Foreign Medical Review*, 1843, n° 32.

(1) *Prodromus historiæ generationis*. Leipsick, 1836. — *Traité de physiologie*. — *Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 43. Bruxelles, 1841.

(2) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*. Breslau, 1825; Leipsick, 1830.

(3) *Prodromus historiæ generationis*. Leipsick, 1836, p. 11.

(4) *Études ovologiques*, dans les *Annales françaises et étrangères d'anatomie et de physiologie*, 1838, t. II, p. 224.

(5) *Ouvr. cit.*, p. 54.

(6) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, p. 135.

Coste (1) fait observer encore que, chez les animaux où ils sont multiples, leur nombre est d'autant plus grand et leur volume d'autant plus petit, que l'œuf est plus près du terme de sa maturité.

De toutes ces différences, ne doit-on pas conclure que la tache germinative est loin d'être ce qu'avait supposé R. Wagner (2) : « le véritable germe déjà vivant et » formé avant la conception, passant plus tard dans le blastoderme d'où le fœtus » tire son origine, et formant la partie centrale de cette membrane de l'embryon? » La supposition de Barry (3), que cette tache, consistant elle-même en une cellule, formerait, par une sorte de multiplication, un certain nombre de nouvelles cellules desquelles l'embryon prendrait naissance, n'est pas non plus justifiée par les faits, et, par conséquent, n'est pas plus admissible que celle de Wagner. Nous en dirons autant du sentiment de Vogt (4), qui croit avoir vu la supposition de Barry se réaliser dans les recherches qu'il a faites sur les batraciens et sur les poissons osseux. Ces deux observateurs n'ont produit d'ailleurs aucune preuve certaine à l'appui de la précédente hypothèse ; et Bischoff (5), ainsi que tous ceux qui se sont occupés plus récemment de ce point délicat d'ovologie, n'ont pu justifier, par aucun procédé d'observation, une pareille destination de la tache germinative.

Cette tache ne paraît donc jouer aucun rôle dans la formation du germe; son existence se lie sans doute aux premières époques du développement de l'œuf ovarique. Car elle semble sur le point de se détruire, dans l'œuf mûr, comme une partie qui a fini de remplir l'usage auquel elle était destinée. Il en est probablement de même de la vésicule du germe, à laquelle on a attribué, jusqu'à ce jour, la plus grande part dans la formation du nouvel être.

Mais, pour ne pas anticiper sur l'ordre naturel des faits, nous devons retarder la solution de ce problème jusqu'au moment où nous traiterons des premiers phénomènes de la conception et de la disparition de la vésicule germinative. Pour le moment, nous allons rechercher, dans l'œuf de l'oiseau, les parties analogues à celles que nous venons de décrire dans l'œuf humain, afin de fixer les idées sur le degré de similitude qui existe entre l'un et l'autre, et de nous faciliter les moyens de reconnaître les vrais points de concordance, entre les phénomènes dont tous les deux deviendront bientôt le siége.

L'*œuf de l'oiseau*, à son état de maturité, et surtout à sa sortie de l'ovaire, et après la ponte, offre un volume bien plus considérable que celui des mammifères. Mais ce n'est pas à dire, pour cela, que les éléments de cet œuf, qui sont les analogues de ceux que nous avons énumérés dans l'œuf de l'homme, y aient des dimensions aussi disproportionnées. Au contraire, les dernières découvertes ovologiques tendent à établir de l'analogie entre des portions organiques qui sont moins dissemblables qu'on ne l'avait présumé jusqu'ici.

Si nous faisons abstraction, en effet, de la *coquille* et de la *membrane coquillière*, des diverses *couches de blanc* et des *chalazes*, qui se forment autour de l'œuf, à mesure qu'il parcourt toute l'étendue de l'oviducte; et si nous exami-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 121.
(2) *Prodromus historiæ generationis*. Leipsick, 1836, p. 5.
(3) *Philosoph. Transact.*, 1839-1840, part. II, p. 529.
(4) *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Geburtshelferkröte*. Soleure, p. 12, 1841. — *Embryologie des Salmones*. Neufchâtel, 1842, p. 37.
(5) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*. Paris, 1843, p. 12.

nons un œuf de poule au moment où il va quitter la capsule ovarienne, nous y trouverons, de dehors en dedans, la membrane vitelline (fig. 40, *mv*), proportionnellement bien plus mince que dans l'œuf humain, et d'une structure manifestement fibreuse; un dépôt granuleux (*mg*), dont nous allons donner la signification, se continuant avec un amas bien plus épais de granules et de petits globules, qui constituent la cicatricule (*g*), au centre de laquelle est la vésicule du germe ou de Purkinje (*vg*); la masse du jaune (*j*), et une apparence de cavité, en forme de bouteille à long goulot (*j'*), à laquelle Purkinje avait donné le nom de *latebra*, résultant de la transparence des vésicules et des globules vitellins qui occupent cette région.

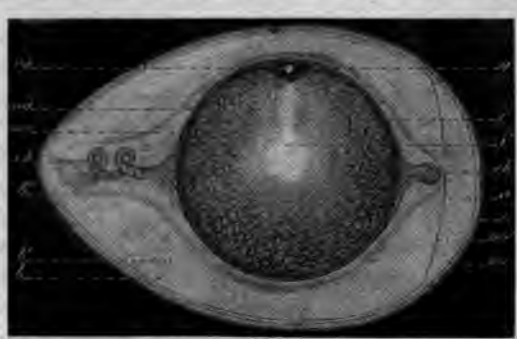


Fig. 40. — *OEuf d'oiseau* (*).

Quand on vient à tourner l'œuf de manière à placer la cicatricule dans un plan horizontal, cette cicatricule (fig. 41, *g*) se présente sous l'aspect d'un disque blanc et percé au centre, en rapport par sa circonférence externe avec la surface sphérique du jaune (*j*), et par sa circonférence interne avec la vésicule germinative (*vg*), dont l'extrême diaphanéité produit l'aspect d'un trou qui se détache en noir sur le fond blanc mat de la cicatricule.

Fig. 41. — *Cicatricule.*

Mais cet œuf d'oiseau a une structure en apparence bien différente, quand il est encore à l'origine de son développement : en effet, son organisation paraît alors identique avec celle de l'œuf des mammifères; l'un et l'autre sont constitués seulement par une membrane vitelline renfermant une petite masse de granules opaques, au sein desquels est logée la vésicule du germe. Mais, tandis que cette organisation initiale de l'œuf des mammifères persiste comme organisation permanente, ou du moins ne se modifie que fort peu, l'organisation initiale de l'œuf des oiseaux passe bientôt par une série de modifications dont le but n'est pas d'altérer les parties fondamentales, mais d'ajouter à ces éléments similaires un élément nouveau, une masse volumineuse de

(*) Cette figure représente une coupe théorique de l'œuf de la poule, sur laquelle on a conservé tous les rapports et toutes les proportions qui existent dans la nature.

Parties de l'œuf encore contenu dans l'ovaire. — *vg*. Vésicule germinative (on ne la figure ici que pour indiquer sa position, car elle disparaît dès que l'œuf sort de l'ovaire, et, par conséquent, elle n'existe plus, depuis longtemps, sur un œuf pondu et environné, comme celui-ci, de toutes ses parties adventives). — *g*. Cicatricule ou blastoderme. — *mg*. Couche granuleuse très mince, de même nature que la cicatricule, et doublant la face interne de la membrane vitelline, dans toute son étendue. — *j*. Jaune où l'on a simulé de grandes vésicules, pour rappeler sa composition élémentaire. — *j'*. Prétendue cavité du jaune. — *mv*. Membrane vitelline.

Parties adventives dont s'entoure l'œuf en parcourant toute la longueur de l'oviducte. — *ch*. Chalazes. — *b'' b', b*. Couches interne, moyenne et externe du blanc, répondant à trois dépôts successifs d'albumine faits à trois époques différentes du trajet de l'œuf dans le canal vecteur. — *mc'*. Feuillet interne de la membrane coquillière. — *mc*. Feuillet externe de la même membrane. — *a*. Chambre à air, située au gros bout de l'œuf, dans l'intervalle que ces deux feuillets écartés laissent entre eux. — *c*. Coque ou coquille.

matière nutritive. Plusieurs observateurs, entre autres Prévost et Lebert (1), et Pouchet (2), avaient fait une analyse microscopique assez détaillée des éléments qui entrent dans la composition du jaune; mais ils n'avaient saisi ni leurs connexions, ni surtout leur mode de formation et la marche naturelle de l'évolution de l'œuf. Cette dernière lacune a été comblée par Coste (3), à qui nous emprunterons la plupart des faits propres à éclairer la question qui nous occupe.

On voit d'abord le petit amas de granules, qui constitue primitivement l'œuf de l'oiseau, poussé de dedans en dehors, s'étaler sur la face interne de la membrane vitelline. Il se convertit ainsi en une couche granuleuse dont la portion centrale, conservant une épaisseur proportionnellement considérable, représente une espèce de noyau. Ce noyau n'est autre chose que le futur *cumulus* ou la *cicatricule*, dont l'organisation ne subira plus, ou presque plus, de changement : il consistera toujours en une masse de granules et de globules fort ténus, semblables à ceux dont il est déjà formé, et il renfermera toujours, comme à l'origine, la vésicule de Purkinje, logée dans son milieu. On comprend d'ailleurs que, dans ce moment, cette vésicule et ce cumulus sont l'un et l'autre très volumineux, par rapport au reste de l'œuf dont ils remplissent presque entièrement la cavité.

La manifestation de la cicatricule et de la couche granuleuse, dont nous venons de parler, est provoquée par une formation nouvelle : des globules moléculaires s'organisent au centre même de l'œuf, aux dépens des liquides albumineux, qui y pénètrent par endosmose; ils y prennent du développement, et, par suite, refoulent vers la périphérie les granulations primitives, qui constituent alors la membrane granuleuse et son noyau. Ces globules moléculaires, devenant bientôt fort nombreux, déterminent dans l'œuf un accroissement rapide; ils sont tous primitivement compactes et solides, et conservent pendant quelque temps une grande transparence, ce qui explique pourquoi l'on ne voit pas paraître d'abord, dans le jaune de l'oiseau, la couleur qui le caractérise. Plus tard, ils se convertissent en vésicules, au sein desquelles on découvre un premier noyau, puis deux, puis un plus grand nombre (fig. 42, *b*) : cette transformation s'opère en eux, soit par une liquéfaction de la portion centrale, coïncidant avec une persistance de solidité à la surface; soit par la formation périphérique d'une mince membrane enveloppante, dont le reste du globule s'isole peu à peu. Les vésicules ainsi nouvellement formées prennent un accroissement rapide, et en même temps leur contenu se modifie : la génération de noyaux qui a commencé à se faire dans leur intérieur, s'accomplit avec une intensité toujours croissante, et bientôt chacune de ces vésicules, atteignant dans l'œuf à maturité un volume de 1/10e de millimètre (fig. 41, *a*), se trouve remplie d'innombrables globules moléculaires, solides, homogènes, dont la présence obscurcit sa cavité, et devient la cause de la couleur jaune que prend alors le vitellus.

Fig. 42. — *Éléments vésiculaires de l'œuf d'oiseau.*

Mais ce travail organisateur, qui préside à la génération de granules moléculaires dans la cavité des vésicules du jaune, ne se fait pas avec la même activité dans tous

(1) *Annales des sciences naturelles*, 3e série, 1844, *Zoologie*, t. I, p. 302.
(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1847, p. 33, 51.
(3) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, p. 91.

les points de l'œuf : il marche avec beaucoup plus de promptitude à la périphérie qu'au centre ; de telle sorte que, dans ce dernier point, reste toute une région (fig. 40, *j*), étendue d'un côté jusqu'au cumulus, dans laquelle on ne trouve que des vésicules à noyau, c'est-à-dire des vésicules à la première période de leur développement (fig. 42, *b*). Si l'on se rappelle, d'après ce que nous venons de dire, que ces vésicules sont transparentes, on comprendra facilement que, de leur présence au centre du jaune, résulte cette apparence de cavité (*latebra*) qui a causé tant d'embarras aux ovologistes, et donné prétexte à de si étranges hypothèses.

Parmi ces hypothèses, il en est une qui est devenue, pour ainsi dire, si classique, que je ne puis passer outre sans la combattre : je veux parler du prétendu mouvement de la vésicule de Purkinje, dont le déplacement, du centre vers la surface de l'œuf, serait la cause de cette sorte de raréfaction locale des globules vitellins. En effet, tandis que Purkinje (1), dans son admirable travail sur l'œuf de l'oiseau, avait comparé cette *latebra*, pleine de lympe spécifiquement plus pesante que la substance à demi-huileuse du vitellus, à un fil à plomb destiné à ramener toujours en haut la cicatricule, pendant l'incubation ; R. Wagner (2) la regarda (on ne saurait dire pourquoi) comme une véritable cavité produite par le mouvement ascensionnel de la vésicule du germe, qu'il supposa placée primitivement au centre. Mais, outre qu'il n'existe pas de cavité du jaune, et que la cause de cette apparence nous est aujourd'hui connue, on peut affirmer encore que la vésicule germinative n'a jamais occupé le centre de l'œuf. Si, d'un côté, elle peut paraître centrale quand cet œuf est très petit, il est certain, d'un autre côté, qu'elle n'abandonne jamais le voisinage de la membrane vitelline, à mesure que l'œuf s'accroît, retenue qu'elle est par le cumulus qui l'enveloppe, et la couche granuleuse qui dépend de ce cumulus. Purkinje avait trop bien étudié l'œuf ovarique, pour qu'un pareil déplacement dans la vésicule du germe lui fût jamais venu à l'esprit ; aussi n'en parle-t-il en aucun endroit de son mémoire. Il est donc inutile de chercher à expliquer ce prétendu mouvement ascensionnel de la vésicule germinative, soit en attribuant à cette dernière, comme l'ont fait plusieurs physiologistes, un poids spécifique différent de celui des autres éléments de l'œuf ; soit en lui supposant, avec Duvernoy (3), un *gubernaculum* qui l'attirerait, de sa position primitive, dans une position excentrique.

Il résulte de ce qui précède que l'œuf de l'oiseau ne renferme, outre la cicatricule et la vésicule du germe, que des vésicules à noyaux de diverses dimensions, et de grandes vésicules granuleuses. Hormis ces deux ordres de vésicules vitellines, il n'y a ni liquide, ni granules libres dans le jaune de l'œuf. Or, si l'on se souvient que ni l'un ni l'autre de ces deux éléments (vésicules à noyaux et grandes vésicules granuleuses), ne se trouve dans l'œuf des mammifères, on sentira qu'il n'est guère possible d'assimiler rigoureusement ce qu'on appelle le vitellus, dans ce dernier, à l'amas de vésicules granuleuses qui constitue le véritable jaune dans l'œuf de l'oiseau. Il n'y a entre eux, quoi qu'en dise Pouchet (4), aucune analogie.

(1) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*. Leipsick, 1830, p. 8.
(2) *Traité de physiologie. Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets. Bruxelles, 1841, p. 41, 43.
(3) *Leçons d'anatomie comparée* de CUVIER. Paris, 1846, 2e édit., t. VIII, p. 45.
(4) *Ouvr. cit.* Paris, 1847, p. 51.

D'ailleurs, il n'y a, dans cette dissemblance, rien qui doive nous étonner : en effet, cette sphère vitelline, qui forme la partie la plus volumineuse de l'œuf de l'oiseau, est une provision de nourriture destinée à satisfaire aux besoins de l'embryon futur; mais elle n'est pas le germe. Le contraire existe dans l'œuf des mammifères : ne portant pas avec lui sa matière nutritive, qu'il doit trouver dans l'utérus, cet œuf se réduit à une partie essentielle, l'élément germinateur. Que si maintenant nous recherchons, dans l'œuf de l'oiseau, la partie purement germinative, la seule qui soit comparable à l'œuf des mammifères pris en totalité, nous ne tarderons pas à la rencontrer dans cet amas de granulations qui tient embrassée la vésicule du germe, et auquel on donne le nom de *cicatricule*. Cet amas ou cumulus est, en effet, granuleux, comme le contenu de l'œuf humain; il forme à lui seul la totalité de l'œuf, pris, chez l'oiseau, au terme initial de son développement, comme il forme à lui seul tout l'œuf des mammifères, depuis une époque voisine de son origine jusqu'à sa complète maturité; enfin la vésicule de Purkinje est logée dans son épaisseur, comme celle de Coste dans le vitellus de l'œuf humain. Plus tard, nous invoquerons, à l'appui de cette analogie, de nouvelles considérations, d'une valeur supérieure peut-être à celle des raisons que nous venons d'énumérer; mais la similitude nous paraît déjà suffisamment prouvée par la comparaison dont nous venons de mettre les termes en regard, pour qu'on doive, dès à présent, l'accepter comme un fait acquis.

Enfin, le résultat que nous venons d'établir, comme conséquence de la comparaison de l'œuf des oiseaux avec l'œuf des mammifères, loin de se borner à ces deux classes du règne animal, paraît s'appliquer aux œufs de tous les animaux, et devenir la source de distinctions radicales entre les uns et les autres. — Il existe, sous ce rapport, deux catégories. La première comprend les animaux qui ont une cicatricule distincte (oiseaux, reptiles écailleux, poissons cartilagineux, céphalopodes); leur vitellus est composé de vésicules remplies de matière nutritive, et la cicatricule, exclusivement formée de granulations élémentaires, y représente seule le germe. La seconde renferme les animaux chez qui, une cicatricule distincte n'existant pas, le vitellus tout entier a une constitution analogue à celle de la cicatricule, et, par conséquent, pris dans sa totalité, constitue le germe (mammifères, batraciens, et la plupart des invertébrés à l'exception des céphalopodes). Dans les œufs de la première catégorie, il y a un élément fondamental, qui est la cicatricule, et un élément accessoire, qui est le jaune; dans les œufs de la seconde, il n'y a plus que l'élément fondamental, c'est-à-dire le germe, ou l'analogue de la cicatricule. Mais il est sans doute aussi des intermédiaires entre l'une et l'autre de ces catégories : chez certains animaux, dont le jaune est très albumineux, les granulations du germe restent uniformément dispersées dans toute l'étendue de l'œuf jusqu'au moment de la ponte; elles émigrent toutes, après la fécondation, vers un point déterminé de sa surface, et y constituent une véritable cicatricule, qui devient alors le siége de phénomènes analogues à ceux qui se passent dans la cicatricule de l'œuf de l'oiseau : les poissons osseux sont, jusqu'à ce jour, les seuls animaux qui nous offrent l'exemple de ce type transitoire, relativement à la constitution de l'œuf.

Après avoir fait connaître les éléments dont se compose l'œuf humain, et fixé les idées sur la signification de chacun d'eux, par la comparaison que nous avons établie entre eux et les divers éléments de l'œuf des autres animaux, nous devons

compléter cette notion du produit générateur femelle, en disant ce qu'on sait de *son origine* et du *mécanisme de sa formation*.

Purkinje (1) ayant observé que la vésicule germinative existe dans les œufs d'oiseaux où la substance vitelline est encore peu abondante, et qu'elle a même atteint, dans les plus petits, un volume considérable, supposa que, de toutes les parties de l'œuf, elle était la première créée, et devenait un centre de formation autour duquel s'organisaient le vitellus et la membrane vitelline. De Baer (2) accepta bientôt cette hypothèse, et la soutint de son autorité. Mais R. Wagner (3), ayant découvert la tache germinative, ne tarda pas à admettre qu'elle apparaissait la première, et que la vésicule du germe s'organisait autour d'elle, de même que le vitellus et sa membrane se formaient, postérieurement, autour de cette dernière. Plus tard, néanmoins, en étudiant avec plus de soin l'ovaire tubuleux des insectes, qui avait été le sujet de ses premières observations, il reconnut que la membrane vitelline enveloppe la vésicule germinative, dans les œufs les plus petits, et ébranla ainsi sa propre théorie et celle de ses prédécesseurs (4).

Schwann (5), acceptant les premiers faits, pensa que l'œuf entier est une cellule primaire, et qu'il se développe d'après le mode que nous décrirons en exposant la théorie cellulaire : la tache germinative apparaîtrait d'abord, comme nucléole; puis la vésicule du germe, comme noyau; autour de celui-ci s'organiserait la membrane vitelline, comme paroi de cellule, dans l'intérieur de laquelle s'amasserait enfin le jaune, comme contenu de cellule. Mais son opinion n'a pas été partagée par les physiologistes qui se sont le plus appliqués à la solution de ce problème. D'après les observations de Barry (6), Valentin (7), Henle (8), Bischoff (9), Courty (10), les portions centrales de l'œuf (tache et vésicule germinatives) seraient toujours, il est vrai, les premières développées ; mais la membrane vitelline ne se formerait pas autour de ces portions centrales, comme une cellule autour d'un noyau, pour être ensuite remplie peu à peu par le vitellus. Au contraire, de fines granulations commenceraient à envelopper la vésicule du germe; puis un nombre de granules toujours croissant viendrait se déposer successivement autour d'elle, et former une masse vitelline ; ce vitellus s'entourerait enfin d'une membrane simple et anhiste, c'est-à-dire de la zone transparente.

Toutefois les derniers travaux de Coste, sans nous ramener à la théorie de Schwann, sont loin de justifier cette dernière manière de voir ; ils introduisent même, dans la science, une opinion tout opposée à celle qu'on se faisait, jusqu'à ce jour, de l'origine de l'œuf : en effet, les divers éléments de ce dernier, au lieu de se montrer du centre à la circonférence, se développeraient de la circonférence au centre. — Voici quel paraît être, d'après Coste (11), le mécanisme de cette forma-

(1) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*. Leipsick, 1830, p. 6.
(2) *Lettre sur la formation de l'œuf*, traduct. franç. de Breschet. Paris, 1829, p. 44.
(3) *Prodromus historiæ generationis*. Leipsick, 1836, p. 9.
(4) *Traité de physiologie : Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets. Bruxelles, 1841, p. 46.
(5) *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und im Wachsthum der Thiere und Pflanzen*. Berlin, 1839, p. 49, 258.
(6) *Philosophical Transactions*, 1838, part. II, p. 301 et suiv.
(7) MÜLLER'S *Archiv*, 1840, p. 230.
(8) *Anatomie générale*, trad. par Jourdan. Paris, 1843, t. II, p. 569.
(9) *Traité du développement de l'homme*. Paris, 1843, p. 366.
(10) *Ouvr. cit.* Montpellier, 1845, p. 45.
(11) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, t. I, p. 165.

tion. Un globule moléculaire se détache de l'ovaire et reste libre dans une des loges de cet organe. Ce globule, d'abord plein, homogène, solide, se transforme en une vésicule transparente (la membrane vitelline). Dans la cavité naissante de celle-ci, se forme presque simultanément un nouveau globule, qui se convertit à son tour en vésicule germinative, au sein de laquelle peuvent naître une ou plusieurs macules germinatives. La vésicule germinative remplit d'abord presque toute la cavité de la membrane vitelline; mais peu à peu le vitellus s'accumule entre ces deux vésicules emboîtées, la membrane vitelline grandit rapidement, et s'éloigne de la vésicule germinative, qui finit par ne plus occuper, dans sa cavité distendue, qu'une place très restreinte.

Quelle que soit l'opinion que l'on adopte sur l'origine de l'œuf, il est certain que la vésicule germinative est un des premiers éléments qui s'organisent en lui. Le volume considérable de cette vésicule, eu égard au reste de l'œuf, dans les premières périodes du développement de ce dernier, nous indique que sa destination est de présider à la formation du dépôt granuleux qui se formera bientôt autour d'elle. Cette masse granuleuse, qui est le germe, seule ou accompagnée de matières nutritives, devient alors la partie importante de l'œuf, et la vésicule germinative semble, dès ce moment, avoir terminé son rôle.

Pour suivre tous ces degrés de l'évolution des œufs, il faut les étudier dans l'ovaire d'une femme adulte, où il est facile d'en trouver à toutes les périodes de leur formation. Mais cela ne suffit pas, et si l'on veut remonter à l'époque où apparaissent, dans cet organe, les rudiments des premiers œufs, il faut soumettre à un examen plus attentif les ovaires de petites filles, et même de fœtus.

Il semble que la formation des œufs devrait commencer seulement aux approches de la puberté, et au moment où les femelles vont devenir aptes à reproduire leur espèce; mais l'expérience a démontré que l'origine de ce phénomène remonte à des temps bien antérieurs. Carus (1) annonça le premier, il y a quelques années, qu'on rencontre des œufs, contenus dans des vésicules de de Graaf, chez des filles qui viennent de naître, et jusque dans les ovaires des fœtus femelles. Négrier (2), quoiqu'il n'ait pas reconnu l'œuf, a signalé plus tard l'existence de vésicules de de Graaf dans les ovaires de très jeunes enfants, et décrit le développement que leur impriment les progrès de l'âge. Enfin Bischoff (3), Courty (4) et Coste (5) ont étudié, plus récemment, le même sujet, et décrit l'état des œufs pendant la période fœtale. Le premier de ces physiologistes a même vu, chez un petit nombre de filles nouvellement nées, des vésicules de de Graaf complétement formées. Il est facile de répéter ces observations, particulièrement sur de très jeunes veaux. Dans ces circonstances, les ovules se présentent, ainsi que nous le disions tout à l'heure, avec une vésicule et une tache germinative très développées, mais jamais indépendantes; car il existe toujours autour d'elles, comme nous l'avons dit aussi d'après les derniers travaux de Coste, une membrane vitelline parfaitement carac-

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1837, p. 442; et *Annales françaises et étrangères d'anatomie et de physiologie*, t. I, p. 41.

(2) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine, considérés spécialement sous le rapport de leur influence dans la menstruation*. Paris, 1840, p. 2.

(3) *Ouvr. cit.* Paris, 1843, p. 367.

(4) *Ouvr. cit.* Montpellier, 1845, p. 44.

(5) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, t. I, p. 148.

térisée. Quant aux globules vitellins, on en trouve plus ou moins, entre cette membrane vitelline et la vésicule du germe, suivant l'époque plus ou moins avancée des jeunes œufs qu'on soumet à l'observation.

Les recherches de G. Valentin (1), et celles de Barry (2), sur la *manière dont les vésicules de de Graaf se forment*, pendant le développement du tissu propre de l'ovaire, sont loin de concorder, et ne nous ont appris rien de positif sur l'histoire de leur apparition première. On sait seulement que, chez la femme et chez les femelles des mammifères, chacun des innombrables ovules occupe primitivement une capsule particulière, en contact immédiat avec eux, et les tenant, pour ainsi dire, étroitement embrassés.

Enfin le nombre des œufs qui naissent dans l'ovaire, ou qui s'y développent complétement, est bien supérieur au nombre de ceux qui devront concourir à reproduire l'espèce, et même au nombre de ceux qui seront chassés naturellement hors de leurs follicules.

D'après Coste (3), l'ovaire de la femme, destiné à n'émettre qu'une petite quantité d'œufs, n'est pourtant pas moins richement pourvu que celui des mammifères les plus féconds. Un grand nombre de ces jeunes ovules doivent donc avorter de très bonne heure, périr, et être résorbés. Quant aux autres, ils doivent parcourir toutes les phases de leur évolution, et être enfin expulsés de l'ovaire, en rompant les membranes de la vésicule de de Graaf et le feuillet péritonéal qui la recouvre. Mais leur volume étant microscopique, à l'époque même de leur maturité, ils seraient tout à fait dans l'impuissance d'effectuer cette rupture et de quitter l'ovaire, si l'accumulation d'un liquide dans la cavité de la vésicule ovarique, la distension de ses parois, et l'accomplissement d'un travail physiologique particulier, ne leur venaient en aide, et n'ouvraient le chemin qu'ils ont à parcourir.

Il nous faut décrire ici cet acte physiologique, examiner successivement le mécanisme, les causes de la chute de l'œuf, les époques où elle s'accomplit, et les phénomènes qui l'accompagnent ou se manifestent à son occasion.

Chute de l'œuf. — Menstruation.

Mécanisme de la chute de l'œuf. — La chute de l'œuf ne se produit pas par le même mécanisme chez tous les animaux : sous ce rapport, l'espèce humaine et les mammifères se distinguent des autres espèces animales. En ayant égard aux différences que présente ce phénomène, Coste (4) admet deux divisions : dans la première, qui comprend les oiseaux, les reptiles, les poissons et les invertébrés en général, l'œuf, remplissant toute la cavité de la loge que lui fournit l'ovaire, opère lui-même sa délivrance, et n'a besoin d'aucun secours étranger pour la préparer ni pour l'accomplir ; dans la seconde, qui embrasse seulement l'espèce humaine et les mammifères, l'expulsion de l'œuf est, au contraire, toujours confiée à l'action exclusive d'un liquide particulier, sans l'intervention duquel le produit femelle

(1) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen*, etc. Berlin, 1835, p. 389. — Et MÜLLER'S *Archiv.*, 1838, p. 529.
(2) *Philosophical Transactions*, 1838, part. II, p. 301 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.* Paris, 1847, t. I, p. 161.
(4) *Ouvr. cit.* Paris, 1847, t. I, p. 157.

de la génération ne pourrait jamais, à cause de sa petitesse, déchirer les parois de la vésicule qui le renferme.

Le premier mode de déhiscence de l'œuf est bien facile à constater chez les oiseaux. Si l'on étudie l'ovaire d'une poule, on reconnaît, dans l'espèce de grappe qu'il représente, que tous les œufs, depuis les plus jeunes jusqu'aux plus mûrs, sont étroitement embrassés par les capsules que leur fournit cet organe. En effet, chaque ovule, après s'être façonné une loge (*theca*) dans le tissu de l'organe où il prend naissance, dilate peu à peu cette loge, sans cesser de la remplir entièrement. En continuant à grandir, il la soulève et la repousse peu à peu, de telle sorte que bientôt elle ne tient plus à l'ovaire que par un pédicule grêle, destiné à soutenir les troncs des divisions vasculaires disséminées à sa surface. Dans l'hémisphère opposé à celui ou adhère le pédicule, une bande blanchâtre, complétement dépourvue de vaisseaux, et mesurant les deux tiers au moins de la circonférence de la capsule, indique d'avance le lieu où se fera la déchirure par laquelle s'échappera le produit. Enfin, lorsque l'œuf arrive à maturité, les parois de cette loge ou capsule, qui porte aussi le nom de *calice*, soumises à une dilatation continue et toujours croissante, s'amincissent peu à peu; l'abord du sang devenant difficile dans les vaisseaux, par l'effet de la compression, bientôt la circulation s'y trouve interrompue; alors le tissu de la capsule cède, il s'entr'ouvre dans toute l'étendue de la zone blanchâtre, et l'œuf, autant par son propre poids que par la rétractilité des parois du calice, tombe dans le pavillon appliqué autour de lui sur l'ovaire, et tout prêt à le recevoir (*).

Chez la femme, il ne peut pas en être ainsi; car, chez elle, la vésicule de de Graaf n'embrasse pas l'œuf étroitement, comme elle le fait chez l'oiseau. Mais ce n'est pas à dire, pour cela, que l'ovule soit libre et flottant dans l'intérieur de cette vésicule; au contraire, et c'est là une circonstance sur laquelle on doit insister, il y est retenu, à toutes les époques de son existence, dans une position fixe et presque invariable. Cette fixité est due à l'existence de la couche celluleuse et du disque proligère (fig. 39) dans lequel nous l'avons vu logé, dès la première période du développement du follicule ovarique. Tout le travail ultérieur dont celui-ci sera le siége n'aura d'autre résultat que d'en distendre la paroi, de la faire proéminer, sans changer la position de l'œuf, et enfin de la déchirer, pour en chasser ce dernier.

Rappelons d'abord la vraie position de l'œuf: depuis de Baer (1), tous les observateurs ont figuré l'ovule, comme nous l'avons déjà décrit, toujours ou presque toujours situé au sommet de la vésicule de de Graaf, dans un point opposé à celui par lequel pénètrent les troncs vasculaires qui viennent s'irradier sur cette vésicule. Bischoff (2), Coste dans ses derniers travaux aussi bien que dans les premiers (3), Courty (4), lui assignent cette position. C'est en effet la seule dans laquelle nous l'ayons nous-même observé. L'œuf se trouve ainsi vers le côté libre et le point le plus superficiel de la vésicule: à mesure que celle-ci, par l'effet de son développement, se dégage du parenchyme ovarique, il est dans la position évidem-

(*) R. WAGNER. *Icones physiologicæ*. Leipsick, 1839, t. II, fig. 1, 2.

(1) *Epistola de ori mammalium et hominis genesi*. Paris, 1829, trad. franç. par Breschet.

(2) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*. Paris, 1843, p. 8.

(3) *Embryogénie comparée*. Paris, 1837. — *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, p. 105.

(4) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*. Montpellier, 1845, p. 39, 40.

ment la plus favorable pour être expulsé, quand le moment de sa maturité sera venu. Pouchet (1) admet, au contraire, que l'œuf est placé primitivement dans l'endroit le plus profond du follicule ovarique. Il dit l'avoir constaté chez la truie, et, d'après ce fait, il édifie toute une théorie sur le mode d'expulsion de l'ovule : un épanchement sanguin, sous-jacent à la couche celluleuse, soulèverait l'ovule avec cette dernière, tandis que le liquide séro-albumineux qui remplissait d'abord la vésicule serait concurremment résorbé ; de telle sorte que le caillot résultant de cette hémorrhagie, augmentant peu à peu de volume, finirait par pousser l'œuf, comme une espèce de *vis à tergo*, jusqu'au point même de la vésicule qui serait près de se rompre (2). Mais ce physiologiste est seul de son avis, et nos propres recherches ne nous permettent pas de partager son opinion. Coste (3), loin d'avoir pu en vérifier l'exactitude, a trouvé que, sous le rapport de la position intra-vésiculaire de l'œuf, la truie ne diffère pas de la femme, de la brebis, de la vache, de la chienne, de la lapine, etc.

Ainsi, l'ovule est placé au point le plus superficiel de la vésicule de de Graaf, et conserve invariablement la même position, tant qu'il y est contenu. Reste à exposer le véritable mode de son expulsion.

On sait que les vésicules de de Graaf sont d'abord très petites et ensevelies dans le tissu même de l'ovaire. D'après Négrier (4), elles s'arrêtent quelque temps à ce premier degré de développement, pendant qu'il s'en forme de nouvelles ; puis elles gagnent le bord libre de cet organe, apparaissent à sa surface, mais ne s'isolent et ne se pédiculent jamais, comme chez l'oiseau. Dans toute la portion qui s'élève au-dessus de l'ovaire, elles deviennent minces et transparentes ; tandis que leurs vaisseaux, comprimés par l'effet de la dilatation, s'atrophient, s'oblitèrent même, dans le point le plus saillant. Parvenues ainsi au terme de leur accroissement, ces vésicules semblent être stationnaires jusqu'au moment où une surexcitation provoquée, soit par la maturité de l'œuf, soit par le rapprochement des sexes, vient en déterminer la rupture. Sous l'influence de cette nouvelle stimulation, le liquide qui les remplit est sécrété encore plus abondamment, surtout chez la femme, et afflue dans leur cavité déjà distendue outre mesure : aussi leurs parois amincies, et arrivées, pour ainsi dire, au terme de leur résistance, ne tardent pas à céder ; elles se déchirent dans leur point culminant, et, en se rétractant, expriment sans violence le liquide qu'elles contiennent. Blumenbach (5) comparait cette rupture à celle d'un abcès qui s'ouvre spontanément, par le double effet de la pression du liquide et de la résorption des parois. Le fluide, exprimé par le retrait du follicule, rencontrant sur son passage le disque proligère et l'œuf qui y est renfermé, détache et entraîne celui-ci, pendant que de son côté le pavillon vient le saisir et le diriger vers la trompe. La rupture de la vésicule de de Graaf se fait d'ailleurs d'une manière lente et progressive : ses membranes propres se déchirent les premières, et il en résulte toujours une petite extravasation sanguine qui se manifeste à leur sommet ; le péritoine ne cède qu'en second lieu. Négrier (6) attribue la congestion générale des organes de la géné-

(1) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*. Paris, 1847, p. 48.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 130, 137, et atlas, pl. 8.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 165.
(4) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine, considérés spécialement sous le rapport de leur influence dans la menstruation*. Paris, 1840, p. 65.
(5) *Kleine Schriften*, p. 13.
(6) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires*. Paris, 1840, p. 69.

ration à la distension violente et souvent douloureuse dont les membranes et le parenchyme de l'ovaire sont le siége dans ces circonstances; mais évidemment cette opinion est au moins exagérée.

Chez les mammifères qui pondent plusieurs œufs, Barry (1) et Bischoff (2) pensent que la ponte de tous les ovules a lieu simultanément, pour une même portée. Mais, d'après Pouchet (3) et Coste (4), la chute des œufs n'est jamais simultanée. Une remarque tendrait à prouver qu'elle s'accomplit d'une manière successive : en effet, on peut trouver, à la fois, des œufs dans la trompe à diverses hauteurs, d'autres retenus sur les bords des vésicules de de Graaf, et d'autres contenus encore dans leurs cavités closes.

Après que l'œuf a abandonné l'ovaire, qu'il en a été, pour ainsi dire, exprimé, pour entrer dans la voie où doivent s'accomplir les premiers phénomènes de son développement, il laisse sur cet organe une déchirure et des lambeaux dont la cicatrisation va donner naissance à un travail analogue à celui qui favorise la guérison d'une plaie quelconque. Cet acte physiologique est le dernier que nous ayons à étudier, pour compléter la série de ceux qu'on observe dans les vésicules de de Graaf : c'est lui qui a pour effet la formation de ces cicatrices ovariques, connues depuis longtemps sous le nom de *corps jaunes*.

Vers le milieu du XVIe siècle, Fallope (5), en décrivant les vésicules ovariques de la femme, avait observé que, tandis que les unes renferment un liquide transparent, les autres contiennent une humeur jaune. Après lui, Wolcher Coiter (6) avait signalé de nouveau l'existence de vésicules jaunes chez la vache. Peu de temps après, Stenon (7), et surtout Régnier de Graaf (8), en donnèrent les premières descriptions. Celle de ce dernier anatomiste mérite d'être rappelée. « Il se trouve, dit-il, seulement quelquefois, dans les testicules des femelles, certains petits globes composés, comme les glandes conglomérées, de plusieurs particules, qui vont du centre à la circonférence presque en ligne droite. Ils ne s'y rencontrent qu'après le coït, un ou plusieurs en nombre, suivant que la femelle doit faire un ou plusieurs petits. Ils sont jaunes dans les vaches, rouges dans les brebis, et cendrés dans les autres animaux; quelques jours après le coït, ils sont formés d'une substance très mince, et ont, dans leur milieu, une liqueur fort claire renfermée dans une membrane; celle-ci, sortant avec sa liqueur, laisse une cavité qui s'abolit insensiblement, de sorte qu'aux derniers mois de la grossesse, ces globes sont solides, et, après l'enfantement, disparaissent peu à peu. »

Régnier de Graaf avait encore vu que les corps jaunes sont le résultat de la cicatrisation des vésicules rompues : il exprime son opinion sur ce point, quoique d'une manière un peu vague, dans plusieurs autres endroits de son ouvrage.

(1) *Philos. Transact.*, 1838, part. II, p. 313.
(2) *Traité du développement de l'homme et des mammifères.* Paris, 1843, p. 34.
(3) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation.* Paris, 1847, p. 139.
(4) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 172.
(5) *Observationes anatomicæ*, dans *Opera omnia*, Francfort, 1600, p. 421.
(6) *Tabulæ et observationes anatomicæ.* Nuremberg, 1572, p. 124.
(7) *Observationes de ovis viviparium animalium* (*Bibliothèque anatomique de Manget*, t. I, p. 637).
(8) *Histoire anatomique des parties génitales de l'homme et de la femme.* Bâle, 1679, trad. franç., p. 101, 139.

Parmi les anciens, Malpighi (1) est l'anatomiste qui a le mieux connu le corps jaune; c'est lui aussi qui, le premier, lui a donné le nom de *corpus luteum*, sous lequel on le désigne aujourd'hui. Quant à la nature et aux usages de ce corps, Malpighi émit une opinion complétement différente de celle de de Graaf, et qui lui est, pour ainsi dire, opposée : il supposa que le *corpus luteum*, fonctionnant presque à la manière d'une glande, sécrète les matériaux du germe, qu'il a pour destination de conserver l'ovule, de le protéger, et de présider enfin à son expulsion hors de l'ovaire.

Ainsi, d'après de Graaf, le corps jaune ne se manifeste jamais qu'à la suite d'un coït fécondant; d'après Malpighi, il précède l'accouplement et existe même chez le fœtus. La plupart des physiologistes qui ont écrit, après eux, sur le même sujet, se sont rangés à l'une ou à l'autre de ces deux opinions. G. Bartholin (2), C. Peyer (3), Verheyen (4), Kuhlemann (5), Haller (6), Haighton (7), Cruikshank (8), Prévost et Dumas (9), E. de Baer (10), Rivelli (11), partagèrent les idées de Régnier de Graaf; tandis que Fantoni (12), Santorini (13), Vallisnieri (14), Morgagni (15), Bertrandi (16), Buffon (17), Brugnone (18), Home (19), soutinrent l'hypothèse de Malpighi. Aujourd'hui, des expériences nombreuses et décisives ne laissent plus le moindre doute sur l'origine des corps jaunes. Les corps jaunes ne sont pas le résultat de la conception; ils se forment chaque fois que des œufs, arrivés à maturité, se détachent de l'ovaire : ce qui a lieu, comme nous le dirons bientôt, à des époques déterminées, sous l'influence de causes spéciales, et le plus souvent indépendamment du sperme et de la conception.

Mais voyons d'abord quels éléments entrent dans leur composition, et de quelle manière ces cicatrices volumineuses s'organisent sur les ovaires.

Ch. E. de Baer (20), reproduisant avec plus de précision l'opinion déjà émise par R. de Graaf (21), considéra le corps jaune comme un simple développement de la couche interne de la vésicule ovarique. Depuis lors, on a poussé plus loin la

(1) *Epistola ad* Jac. Spon *de uterorum forma* (*Opera omnia, figuris elegantissimis in æs incisis illustrata*. Londres, 1686, t. I, append., p. 30).
(2) *De ovariis mulierum et generationis historia epistola anatomica*. Rome, 1677, p. 17.
(3) *Merycologia*. Basileæ, 1685, lib. I, cap. v.
(4) *Corporis humani anatomiæ libri duo*. Leipsick, 1731, t. II, p. 583.
(5) *Observationes quædam circa negotium generationis in ovibus factæ*. Leipsick, 1754, p. 41.
(6) *Elementa physiologiæ corporis humani*. Lausanne, 1766, t. VIII, p. 32.
(7) *Ueber die Befruchtung der Thiere* (*Archiv* de Reil, t. III, p. 36).
(8) *Philos. Transact.*, 1797, part. I, p. 197.
(9) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1824, t. III, p. 114.
(10) *De ovi mammalium et hominis genesi epistola*. Leipsick, 1827, p. 20.
(11) *Osservazioni sopra allo svolgimento de corpi organici le quali appoggiano direttamente la dottrina palingenica*. Fano, 1839.
(12) *Dissertationes anatomicæ*. Turin, 1708, p. 195.
(13) *Observationes anatomicæ*. Venise, 1724, p. 223.
(14) *Istoria della generazione dell' uomo e degli animali*. Venise, 1721, t. II, ch. III. x.
(15) *Adversaria anatomica omnia*. Leyde, 1741, p. 53.
(16) *De glanduloso ovarii corpore, de utero gravido et placenta observationes* (*Miscell. Taurinensis Soc.*, 1759, t. I, p. 104).
(17) *Histoire naturelle, générale et particulière*. Paris, 1749, t. II, p. 203 et suiv.
(18) *De ovariis eorumque corpore luteo observationes anatomicæ* (*Mem. de l'Acad. roy. des sciences de Turin*, 1790, p. 393).
(19) *On Corpora lutea* (*Philos. Transact.*, 1819).
(20) *Ouvr. cit.*, p. 20.
(21) *Ouvr. cit.*, p. 139.

détermination des éléments anatomiques qui contribuent à sa formation. Pour comprendre les divergences des auteurs sur ce sujet, pour saisir le véritable mode du développement des corps jaunes, il faut se rappeler que la vésicule de de Graaf est formée de deux feuillets, l'un interne, l'autre externe, et d'une membrane celluleuse tapissant le feuillet interne dans toute son étendue.

Or, Négrier (1), W. Jones (2), Montgomery (3), Paterson (4), Robert Lee (5) et Barry (6), admettent qu'une matière jaune se dépose entre ces deux feuillets; plusieurs d'entre eux pensent que ce dépôt s'opère avant même que la vésicule se déchire. D'après Montgomery, celui-ci contribuerait à la rupture de la vésicule de de Graaf, en même temps qu'il servirait à refouler l'ovule et à faciliter son expulsion. Plus récemment, Pouchet (7) a émis une opinion analogue : dans cet acte physiologique, il fait jouer le rôle principal au caillot volumineux qui détermine, d'après sa théorie, l'expulsion de l'ovule; seulement, pour lui, le caillot est tout à fait interne, au lieu d'être intermédiaire aux deux membranes de la vésicule, et la cavité de cette dernière n'est comblée, par les plis de sa membrane propre, que d'une manière secondaire.

Au contraire, d'après R. Wagner (8), Bischoff (9) et Coste (10), la formation du corps jaune est due, en majeure partie, à un accroissement et à un épaississement du feuillet interne de la vésicule de de Graaf, comme Haller l'avait entrevu (11). Voici comment la nature procède à cette organisation :

Quand l'ovule s'est échappé, entraînant avec lui la portion de la couche celluleuse dans laquelle il est logé, le feuillet interne de la vésicule de de Graaf, muqueux, épais, non rétractile, en contact avec la portion restante de cette couche celluleuse, devient le siége d'une modification profonde, laquelle se traduit par une sorte d'hypertrophie ou de tuméfaction, et par la dilatation des vaisseaux qui se distribuent dans son épaisseur. Le feuillet externe, au contraire, fibreux, élastique, en rapport avec le stroma de l'ovaire, ne participe pas à cette modification, mais il se rétracte. Sa rétraction coïncidant avec la tuméfaction du premier, qui est lié avec lui, dans certains points, par des brides fibreuses, détermine dans le feuillet interne la formation de plis qui, croissant de plus en plus, arrivent bientôt au contact, et donnent à l'intérieur de la vésicule ovarique l'aspect des circonvolutions cérébrales (*). Cet aspect est d'autant plus prononcé, que le feuillet interne est boursouflé davantage, et que le feuillet externe se rétracte plus fortement. Or, le corps jaune résulte précisément de cette hypertrophie du feuillet interne et de la rétraction du feuillet externe. Raciborski (12) se trompe lorsqu'il

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine.* Paris, 1840, p. 81.
(2) *Practical Observations on Diseases of Women.* Londres, 1839, p. 226.
(3) *Exposition of the Signs and Symptoms of Pregnancy*, etc. London, 1837, p. 26.
(4) *Edinburgh Medic. and Surg. Journal*, 1840, p. 390.
(5) *London Med. Chirurg. Transact.*, 1839, t. XXII, p. 329.
(6) *Philos. Transact.*, 1838, part. II, p. 317.
(7) *Ouvr. cit.*
(8) *Traité de physiologie : Histoire de la génération et du développement.* Bruxelles, 1841, p. 128, traduit par Habets.
(9) *Traité du développement de l'homme et des mammifères.* Paris, 1843, p. 37.
(10) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 248.
(11) *Elementa physiologiæ.* Berne, 1766, t. VIII, p. 33.
(*) Voyez planche 2, figure 1, *h*.
(12) *De la puberté et de l'âge critique chez la femme.* Paris, 1841, p. 132.

attribue sa formation, d'une manière exclusive, au simple retrait des tuniques du follicule.

Lorsqu'on cherche quelle peut être la cause de l'épaississement si prononcé de la couche interne de la capsule ovarienne, on trouve, en soumettant à l'examen microscopique des fragments de corps jaunes à divers âges, qu'elle est simplement due à un développement des cellules dont son tissu se compose. Elles grandissent, en effet, peu à peu et finissent par prendre un diamètre six et huit fois plus grand que celui qu'elles avaient avant la déhiscence : les granules moléculaires qu'elles renferment se multiplient et se convertissent de leur côté en globules assez volumineux. Cet accroissement individuel des cellules produit nécessairement celui de la membrane qu'elles constituent.

Le travail d'hypertrophie dont il est question commence à se manifester dans les vésicules de de Graaf, un peu avant leur rupture, mais il n'est bien appréciable qu'après la sortie de l'œuf. Il devient très intense, surtout chez la femme ; et, dans les cas où l'expulsion de l'œuf est suivie de grossesse, il détermine sur l'ovaire la formation d'une tumeur considérable, dont la durée est de plusieurs mois. Ainsi, au dixième jour de la fécondation, le corps jaune occupe, comme le dit Haller (1), une grande partie de l'ovaire, la moitié, et même au delà. La fig. 43, dessinée d'après nature, représente un ovaire de femme, portant un corps jaune volumineux dans cette première période de la grossesse, c'est-à-dire à peu près à l'époque où l'œuf arrive dans l'utérus. Nous avons même vu quelques corps jaunes si développés, que la portion restante de l'ovaire n'égalait pas le sixième de leur volume.

Fig. 43. — *Vue extérieure du corps jaune chez la femme.*

La couche de cellules qui tapisse le feuillet interne est soulevée par les circonvolutions de ce dernier (*); mais elle joue un rôle passif, et ne participe point à son hypertrophie. D'ailleurs, la tuméfaction de ce feuillet augmente jusqu'à ce que la vésicule de de Graaf soit obstruée ; les circonvolutions se touchent d'abord entre elles, sans contracter d'adhérence les unes avec les autres, de sorte qu'en coupant le corps jaune, on peut les déplisser. Non-seulement elles remplissent la cavité du follicule, mais elles continuent souvent à se développer au point de se projeter par la déchirure qui a précédemment donné passage à l'œuf, et d'y former une sorte de hernie ou de mamelon rouge, inégal, ressemblant à une génération luxuriante de bourgeons charnus.

Lorsqu'elles ont atteint tout leur accroissement, ce qui, pour l'espèce humaine, arrive du trentième au quarantième jour de la grossesse, les circonvolutions du feuillet interne contractent entre elles d'étroites adhérences qui en effacent les contours. Le corps jaune se présente alors sous forme de masse compacte, rénitente, que des cloisons fibreuses s'irradiant du centre à la circonférence sem-

(1) *Elementa physiologiæ corporis humani.* Berne, 1768, t. VIII, p. 36.

(*) Voyez planche 2, fig. 1, *g*.

blent diviser. Mais bientôt à la période de développement succède la période de déclin, et la tumeur, qui avait suivi une progression ascendante, subit une modification en sens inverse. Les vaisseaux qui s'engageaient dans les circonvolutions disparaissent; les cellules dont l'hypertrophie a amené l'oblitération de la capsule ovarienne s'évanouissent; leur contenu granuleux est résorbé, et cette résorption entraîne la décadence de la masse totale, qui rentre peu à peu dans le tissu de l'ovaire, et se trouve réduite, vers le terme de la grossesse, tantôt à un petit tubercule jaunâtre, lardacé, et d'autres fois à un simple noyau fibreux, incolore, semblable à une ancienne cicatrice. Alors l'ouverture du corps jaune s'est complétement fermée; la surface de l'ovaire, à l'endroit où était située la déchirure, devient de plus en plus lisse; le corps jaune lui-même rentre peu à peu dans le stroma, durcit, et enfin disparaît presque entièrement.

Quoique la dénomination de corps jaune, *corpus luteum*, donnée par Malpighi (1) aux tumeurs formées dans l'ovaire de la femme après la chute de l'œuf, soit employée comme terme générique, il s'en faut néanmoins que ces tumeurs aient, chez tous les animaux, une coloration en rapport avec le nom qu'elles portent. Si elles sont d'un jaune-citron dans l'espèce humaine, d'un jaune orange chez la vache, elles prennent, chez le lapin, une nuance gris jaunâtre, et rose ou d'un rouge gris chez la brebis. La plupart des auteurs, Pouchet (2), Raciborski (3), entre autres, ont attribué la coloration du corps jaune à une extravasation ou à une imbibition semblable à celle qui se manifeste dans les ecchymoses, et ont admis qu'avant d'arriver au jaune plus ou moins marqué, elle passait successivement au rouge vif, au rouge sombre et au gris. Mais il suffit d'assister au développement des corps qui nous occupent, pour se convaincre qu'ils prennent, dès les premiers jours de leur apparition et à de très légères différences près, la couleur qu'ils auront aux périodes d'activité et de déclin, et que cette couleur, comme l'a démontré Coste (4), a pour cause la teinte même des granules contenus dans les cellules en voie d'hypertrophie. Il se passe ici un phénomène analogue à celui qui a lieu dans le jaune de l'œuf des oiseaux, à mesure que les vésicules nutritives arrivent à maturité. Les granules, d'abord très fins et légèrement nuancés de jaunâtre chez les animaux dont les tumeurs ovariennes sont jaunes, et de rougeâtre chez ceux où elles sont rouges, se multiplient, grandissent, se colorent plus vivement, et donnent à la masse dont ils font partie constituante la coloration qui la caractérise.

La tuméfaction et le plissement du feuillet interne de la vésicule de de Graaf sont, sans contredit, les deux principaux éléments de la formation du corps jaune. Mais à ces éléments peuvent s'en ajouter d'autres : il y a quelquefois, chez la femme, épanchement, dans la cavité du follicule en voie de cicatrisation, d'un liquide gélatino-albumineux qui s'organise, et donne naissance, en se solidifiant, à des circonvolutions qui sont reçues dans les anfractuosités laissées entre les plis du feuillet interne.

Bischoff (5) dit que la membrane celluleuse participe à ce travail organisateur, que ses cellules s'allongent, s'agrandissent, se multiplient. Le même obser-

(1) *Opera omnia : Epist. ad* JAC. SPON, *de utero*. Londres, 1686, t. I, p. 30.
(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, etc. Paris, 1847, p. 146.
(3) *De la puberté et de l'âge critique chez la femme*. Paris, 1844, p. 437.
(4) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, Paris, 1847, t. I, p. 252.
(5) *Ouvr. cit.* Paris, 1843, p. 38.

vateur (1) avance que la formation du corps jaune, du moins chez la chienne, commence dans la vésicule de de Graaf, sous forme d'excroissances analogues aux granules qui tapissent l'intérieur de cette vésicule, avant qu'elle s'ouvre pour laisser échapper l'œuf; en sorte, ajoute-t-il, qu'on peut envisager la formation commençante du corps jaune comme un dernier signe de la parfaite maturité de l'œuf.

Pouchet (2) nie cette modification de la couche celluleuse : il attribue le développement du corps jaune à une augmentation de volume des cellules du feuillet interne, et à la formation de nouvelles cellules dans l'épaisseur même de ce feuillet.

Un autre élément que l'on trouve dans le corps jaune, sans toutefois qu'il ait participé à sa formation, est le sang extravasé pendant la rupture de la vésicule. Nous avons vu Pouchet faire jouer un grand rôle à cette hémorrhagie, et supposer l'existence d'un caillot qui, ayant chassé l'ovule, remplirait ensuite nécessairement le follicule de de Graaf. Ceci n'arrive jamais; seulement l'extravasation sanguine réelle est plus ou moins considérable.

L'hémorrhagie résultant de la déchirure des membranes de la vésicule et de celle du péritoine ne peut, dans aucun cas, être grave. Mais il n'en est pas ainsi de la déchirure elle-même : quoique, dans la plupart des cas, l'inflammation qui l'accompagne se borne, il est vrai, au lieu même de la rupture, on conçoit néanmoins qu'elle puisse se propager aux environs, et même, dans des circonstances défavorables, causer une véritable péritonite.

Il n'y a plus lieu de maintenir aujourd'hui la distinction des corps jaunes en vrais et en faux. Huschke (3), qui conserve ces dénominations, appelle *vrais* les corps jaunes qui succèdent à une fécondation, et *faux* ceux qui, ne se liant pas à cet acte, dépendent du rut ou de la menstruation, ou bien, ajoute-t-il, de l'excitation de l'appétit vénérien. Nous avons déjà dit, et nous redirons bientôt, que tous les corps jaunes dépendent d'une seule et même cause : la maturation des vésicules, qui ordinairement s'accompagne de leur rupture. Cette rupture peut d'ailleurs être ou n'être pas spontanée.

Toutefois on doit reconnaître *deux espèces de corps jaunes :* les corps jaunes qui résultent de la cicatrisation d'un follicule, après l'expulsion spontanée d'un œuf, sans conception consécutive; et ceux qui sont la conséquence du même travail, après l'expulsion d'un œuf, suivie de conception et surtout de gestation. Les premiers parcourent rapidement toutes leurs périodes, n'atteignent jamais un haut degré de développement, n'offrent qu'un volume bien inférieur à celui des seconds, ont une couleur jaune plus blafarde, se flétrissent en peu de jours, et, avant un ou deux mois, se trouvent rétractés et complétement dissimulés dans le tissu de l'ovaire. Les seconds, participant à la congestion et à l'activité du travail physiologique dont tous les organes sexuels, la matrice surtout, deviennent le siége pendant la gestation, acquièrent un volume qui dépasse quelquefois de beaucoup celui de l'ovaire lui-même, et passent avec tant de lenteur par tous les degrés de leur formation et de leur décroissement, qu'ils sont encore sensibles à la fin de la grossesse : peu à

(1) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 109.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 144.
(3) *Traité de splanchnologie*. Paris, 1845, p. 425.

peu ils diminuent de volume, à mesure que le fœtus grandit et que le terme de la gestation approche. Cependant il n'est pas rare de les trouver encore vingt-cinq et trente jours après l'accouchement.

Faut-il aussi reconnaître d'autres corps jaunes, provenant de vésicules de de Graaf non rompues, mais flétries et rétractées par la résorption des œufs ? Courty (1) admet qu'il en existe chez les femmes et chez les femelles de mammifères. Il est certain qu'on en voit des exemples chez les oiseaux.

Quoi qu'il en soit, on peut dire qu'en général un corps jaune témoigne de la sortie d'un œuf hors de l'ovaire. R. de Graaf, qui avait bien saisi cette relation, l'avait déduite de ses expériences avec tant d'habileté et de logique, que son mémoire restera toujours une des œuvres les plus remarquables qui aient été écrites sur la conception. Mais nos connaissances sur ce point se sont fort étendues. R. de Graaf n'apercevait de relations qu'entre le corps jaune et la conception. Nous en saisissons aujourd'hui de nouvelles entre la formation de ces corps et d'autres phénomènes: non-seulement le développement des corps jaunes est pour nous la preuve de l'expulsion d'un ovule, mais ce fait coïncide toujours avec d'autres qui se rattachent à lui comme causes ou comme effets. De là une question complexe qui se présente maintenant à notre examen, et à laquelle nous allons essayer de répondre, en recherchant les causes de la chute des œufs et de la formation des corps jaunes, en déterminant l'époque à laquelle l'une et l'autre s'effectuent, en décrivant enfin les phénomènes qui les accompagnent ou qui en résultent.

Causes de la chute de l'œuf. — Nous avons déjà vu que, chez un grand nombre d'êtres, surtout parmi les animaux inférieurs, la fécondation est extérieure : l'œuf et le sperme sont expulsés hors du corps de l'animal, chacun de son côté, et, de la rencontre de ces deux éléments dans le milieu ambiant, résulte une combinaison organique qui a la faculté de reproduire, en se développant, un nouvel être semblable au premier (*).

Sans aucun doute, chez tous ces animaux, les œufs, après s'être développés spontanément, ont acquis d'eux-mêmes le volume et l'organisation nécessaires pour pouvoir coopérer à la reproduction, ont atteint le degré de maturité propre à cette destination, se sont enfin séparés de l'organe formateur par leurs seules forces, et indépendamment de toute influence de la part du sperme ou de l'être qui produit cet autre élément générateur.

Si l'on isole des femelles d'insectes, après avoir suivi leurs métamorphoses, et si l'on a soin d'en éloigner les mâles, la ponte des œufs ne s'en effectue pas moins, et pourtant il y a certitude qu'elle n'a pu être provoquée par aucun accouplement préalable.

L'expérience la plus ancienne avait encore appris que, chez la plupart des poissons osseux, les œufs sont formés, mûris, expulsés, indépendamment du mâle; que ce dernier les arrose de sperme, seulement lorsqu'ils sont hors du ventre de la femelle, et, le plus souvent, après que celle-ci en est déjà très éloignée. On savait aussi depuis longtemps que, chez les batraciens anoures, le mâle, bien qu'il soit cramponné à la femelle, ne féconde les œufs qu'au moment de leur expulsion.

(1) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*. Montpellier. 1845, p. 58.

(*) Voyez plus haut, page 682.

Enfin, on voyait tous les jours les femelles des oiseaux, notamment les poules, pondre des œufs régulièrement, alors même qu'elles sont privées de leurs mâles.

La spontanéité de la formation, de l'accroissement, de la maturation et de la chute des œufs, n'était donc l'objet d'aucun doute, même à l'égard d'animaux très élevés en organisation, si ce n'est pour l'homme et les mammifères. Quant à ces derniers, on en avait fait le sujet d'une exception à un principe, dont toutes les circonstances tendaient à démontrer la généralité, et l'on supposait que, chez eux, la formation de l'œuf datait seulement du moment où la liqueur séminale se réunissait à un élément femelle, indéterminé, contenu dans les ovaires.

Lorsque E. de Baer (1), justifiant toutes les prévisions de son digne précurseur R. de Graaf, eut démontré que, non-seulement la femme et les femelles des mammifères ont des œufs, mais que ces œufs préexistent dans leurs ovaires à l'acte de la conception, il renversa à moitié cette hypothèse d'un mode de génération particulier aux mammifères et constituant une exception inexplicable dans les lois générales de la reproduction. Dès lors on ne douta plus qu'ici, comme partout ailleurs, les œufs ne préexistassent à la fécondation, et que ces œufs ne dussent arriver, dans les ovaires mêmes où ils se sont formés, jusqu'à leur complète maturation.

Mais on crut encore que l'influence du sperme était nécessaire pour déterminer, sinon la maturité des œufs, au moins leur chute : la question resta ainsi à demi résolue, jusqu'à ce que des travaux récents eussent enfin donné la solution complète de ce difficile problème et permis d'assimiler, dans ses faits les plus généraux, la reproduction de l'homme et des mammifères à celle de tous les animaux dont le mode de génération est l'oviparité. Du reste, sous ce rapport, les naturalistes, saisissant mieux la généralité des phénomènes, étaient plus avancés que les médecins. S'ils partageaient les doutes de ces derniers sur le mode de génération des mammifères, sur la cause qui fait tomber les œufs de l'ovaire, ainsi que sur les conditions et les suites de cette chute, ils étaient du moins plus disposés à recevoir les nouvelles notions que l'expérience allait fournir, et à adopter les théories qui devaient en être la conséquence.

Dès 1837, Coste (2) exprima nettement l'idée qu'à l'époque du rut les œufs tombent *spontanément* de l'ovaire, chez les mammifères, et proposa de tenir compte de ce fait pour déterminer le lieu où la conception doit s'accomplir. Peu de temps après, Négrier (3), publiant les résultats de ses nombreuses observations sur les ovaires de la femme, les interpréta dans un sens favorable à cette opinion. Il avait, en effet, depuis plusieurs années, constaté la présence de corps jaunes sur les ovaires de filles encore vierges, remarqué la coïncidence de la rupture des follicules ovariques et de la formation des corps jaunes avec l'époque cataméniale, et conçu l'idée de la chute spontanée de l'œuf à chaque menstruation. Les travaux de Pouchet (4) contribuèrent bientôt à mettre le même fait dans tout son jour, et à le faire prévaloir dans la science. Quoique ce dernier physiologiste ait exagéré

(1) *De ovi mammalium et hominis*, etc.
(2) *Embryogénie comparée*. Paris, 1837, p. 455.
(3) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine*. Paris, 1840.
(4) *Théorie positive de la fécondation des mammifères*. Paris, mars 1842.

l'universalité et la spontanéité de ce phénomène, il a eu le mérite de le confirmer surtout par l'analogie et le raisonnement, de le populariser à une époque où les idées anciennes étaient encore universellement adoptées. Duvernoy (1) et Argenti (2) furent des premiers à suivre cette voie nouvelle. Enfin les observations de Raciborski (3), de Bischoff (4), de Courty (5), sur la femme et sur les femelles des mammifères, et les dernières recherches de Coste (6), en étayant de nouvelles preuves la loi de la chute spontanée de l'œuf, lui ont de plus assigné ses véritables limites.

Voici tout ce que les expériences ont appris sur ce sujet :

Bischoff (7), après avoir cru d'abord que la chute des œufs était sous la dépendance de la fécondation, entreprit des expériences qui l'amenèrent à une conclusion tout opposée, et confirmèrent la loi formulée par les anatomistes français. Sur plusieurs femelles de mammifères (chiennes, lapines, truies), il lia et extirpa la matrice, d'un seul côté ou des deux côtés, en conservant intacts les ovaires et les trompes ; puis il laissa à ces animaux la liberté de s'accoupler. Le rut ne manqua pas, en effet, de se manifester chez eux ; l'accouplement eut lieu ; les œufs, arrivés à maturité, abandonnèrent l'ovaire, et des corps jaunes se formèrent à la place des follicules qui les contenaient. Il devenait ainsi évident que le contact matériel du sperme n'était pas la cause de l'expulsion des œufs. Mais toute la question n'était pas résolue. Les expériences précédentes ne suffisaient pas pour prouver la spontanéité de la chute de l'œuf ; tout en échappant à l'influence directe du sperme, cette chute pouvait bien dépendre d'autres causes, notamment de l'excitation provoquée par le mâle, d'une sorte d'impulsion causée par le rapprochement des sexes, etc. Cela est si vrai, que les physiologistes qui avaient entrepris, antérieurement, de semblables expériences, n'en avaient pas autrement interprété les résultats. De ce nombre sont : Nuck (8), Grassmeyer (9), Cruikshank (10), Haighton (11), Blundell (12), Haussmann (13). Il est impossible, en effet, d'arguer d'un cas où le mâle intervient, pour démontrer que son influence est nulle.

A ses premières observations, Bischoff (14) en ajouta donc quelques-unes faites en décembre 1843, en janvier et en mars 1844, sur une chienne et sur des truies dont il examina les ovaires à la fin du rut, sans avoir permis l'accouplement, ni parfois même la vue du mâle. Dans tous ces cas, il trouva, soit des vésicules de de Graaf sur le point de se rompre, soit des corps jaunes sur l'un et l'autre

(1) Congrès scientifique de Strasbourg. Procès-verbal de la séance du 8 octobre 1842 (*Revue zoologique*, novembre 1842).

(2) *Ann. univ. di medicina*, février et mars 1843.

(3) Mém. communiqué à l'Académie de médecine le 13 décembre 1842, à l'Académie des sciences le 17 et le 24 juillet 1843. — Voy. *Gaz. méd.*, 1843, p. 18, 468, 483, et l'ouvrage de RACIBORSKI, intitulé : *De la puberté et de l'âge critique chez la femme*. Paris, 1844.

(4) *Ann. des sciences nat.*, 1844, t. II, p. 740.—Consulter la lettre lue à l'Académie des sciences le 17 juillet 1843, et insérée dans la *Gazette médicale*, numéro du 29 juillet, même année.

(5) *Ouvr. cit.*, p. 59 et suiv.

(6) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847.

(7) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. II, p. 104.

(8) *Adenographia curiosa*, p. 69 (*Opera omnia* Leyde, 1773).

(9) *De fecundatione et conceptione humana* (dissert.), p. 48. Gœttingue, 1789.

(10) *Philos. Transact.*, 1797.

(11) REIL'S *Archiv*, t. III, p. 46.

(12) *Medic. Chir. Transact.*, 1819, t. X, p. 264.

(13) *Ueber die Zeugung des wahren weiblichen Eies*, p. 93.

(14) *Mém. cit.*, p. 128 et suiv.

ovaire, et des œufs dans les trompes. Dès lors, s'appuyant sur des observations aussi directes, il put conclure, avec une entière certitude, que, pendant le rut, les œufs se détachent de l'ovaire, sans accouplement préalable, puis descendent dans l'oviducte et même dans l'utérus, où ils finissent par se détruire ; que, par conséquent, les corps jaunes se forment sur les ovaires, comme dans les cas d'accouplement et de fécondation.

Cette conviction que les œufs tombent spontanément chez les femelles des mammifères, devait faire penser qu'ils se détachent aussi d'eux-mêmes chez la femme : tous les autres actes génésiques ont entre eux une telle analogie, chez celle-ci et chez celles-là, qu'il ne pouvait guère en être autrement pour ce dernier phénomène. On se souvint alors de plusieurs faits passés presque inaperçus : Buffon avait vu le corps jaune sur une vierge (1) ; Brugnone (2), en disséquant le cadavre d'une fille de quatorze ans, que la présence de l'hymen autorisait à regarder aussi comme vierge, avait découvert un corps jaunâtre, de la grosseur d'un pois chiche, saillant à la surface de l'un des ovaires. Puis, de nouvelles observations furent faites avec plus d'attention. Négrier (3) put conclure des siennes, commencées en 1831, que les vésicules de de Graaf naissent d'elles-mêmes, et parcourent toutes les phases de leur accroissement, sous l'influence d'une cause inhérente aux ovaires, indépendante du coït. Raciborski (4) vit des vésicules de de Graaf bien développées et des corps jaunes sur les ovaires de deux filles, l'une de vingt-six ans, l'autre de dix-neuf, dont la membrane hymen était parfaitement intacte. Coste (5) observa des corps jaunes sur des ovaires de filles vierges, aussi bien que sur ceux de femmes ayant eu déjà des rapports sexuels.

Il est donc prouvé aujourd'hui que, chez la femme et les femelles des mammifères, *les vésicules de de Graaf peuvent se rompre spontanément*, comme se rompent les capsules ovariennes de tous les animaux, sans que la fécondation ou l'accouplement soit nécessaire à l'accomplissement de ce phénomène; que les œufs, arrivés à maturité, peuvent s'échapper naturellement de l'ovaire, passer dans l'oviducte, descendre dans la matrice, et enfin être expulsés au dehors, si toutefois ils parviennent, sans être décomposés, jusqu'à l'orifice génital externe.

Mais, de ce que l'intervention du mâle n'est pas nécessaire pour déterminer la rupture des follicules et la chute de l'œuf, faut-il en conclure qu'elle est complétement nulle à l'égard de ces deux actes physiologiques, surtout quand elle s'exerce en temps opportun ? Non, sans doute ; et il ne faut pas se dissimuler que les physiologistes qui ont fourni le plus de preuves en faveur de l'expulsion spontanée de l'œuf ont avancé aussi d'une manière trop absolue que cette expulsion était indépendante de toute action extérieure aux ovaires, et surtout de l'accouplement. Coste (6) a fait des expériences variées, dans le but de constater l'influence exercée par le mâle sur la maturation et la chute des œufs : les résultats

(1) *Hist. nat.*, t. II, p. 208 ; t. V, p. 148.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences de Turin*, 1790.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 62.
(4) *De la puberté et de l'âge critique*. Paris, 1844, p. 421, 425. — *Mém. cit.*, 1842 et 1843.
(5) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, t. I, p. 220.
(6) *Ouvr. cit.* t. I, p. 183.

qu'il a obtenus, tout en conservant à la loi posée par Pouchet son caractère de généralité, modifient néanmoins l'expression même de cette loi et lui ôtent son cachet d'universalité absolue.

Ces recherches démontrent d'abord que la présence constante du mâle hâte le retour du rut.

En second lieu, si l'on attend que le rut se manifeste spontanément chez des femelles séparées du mâle, et si, quand cet état s'est manifesté, on varie les expériences, on constate les faits suivants : En laissant s'accoupler une lapine, au moment même où elle entre en chaleur, et la tuant dix ou quinze heures après le coït, on trouve les œufs hors des ovaires ; mais, en empêchant l'accouplement et tuant l'animal quarante-cinq heures après l'invasion du rut, on trouve les mêmes œufs renfermés encore dans leurs capsules intactes, et l'état de ces capsules indique que leur séjour s'y serait prolongé davantage. Bien plus, une lapine en rut est présentée au mâle trois jours de suite, et manifeste chaque fois un vif désir de s'accoupler, mais on empêche le coït ; le quatrième jour, elle cesse d'être en chaleur, et le cinquième elle est ouverte : les ovaires, qui ne présentent aucune trace de déchirure, portent l'un une vésicule de de Graaf, l'autre sept de ces vésicules, turgescentes, mais intactes.

Ainsi, d'un côté, la présence du mâle et ses assauts hâtent la maturation des œufs. D'un autre côté, l'accouplement, sans être la cause essentielle de la chute des œufs, a du moins le pouvoir de précipiter la réalisation de ce phénomène, et souvent même d'empêcher qu'il n'avorte : entre une femelle qui a subi l'approche du mâle et une femelle dont on a empêché le coït, il y a cette différence que, dans l'une, la rupture des vésicules ovariques est prompte, et que, dans l'autre, elle est tardive ou même ne s'effectue pas du tout. D'ailleurs on comprend, ainsi que Coste le fait observer, comment l'influence du mâle, inutile chez les autres animaux dont l'œuf rompt sa capsule par l'effort que lui-même exerce sur cette enveloppe membraneuse, peut au contraire devenir, chez les mammifères, la cause accélératrice et souvent déterminante de cette déchirure. La rupture du follicule de de Graaf résultant, chez ces derniers, d'un mouvement fluxionnaire qui accumule du liquide

quent, et qu'elle se fait à des intervalles de temps variables dans les diverses espèces, ordinairement fixes pour chacune d'elles. Il en résulte, chez les femelles des mammifères, des alternances de phénomènes secondaires, répondant aux diverses périodes de développement, de maturation et de rupture des vésicules. Le moment auquel ces phénomènes se reproduisent est aussi marqué par le plus haut degré du travail ovarique, et par l'expulsion de l'ovule, qui est le but final de ce travail.

Déterminer quelles sont, chez les femelles des mammifères, et surtout chez la femme, les époques auxquelles se manifestent ces états particuliers, et s'accomplissent en même temps la rupture des follicules et la chute de l'œuf, tel est le nouveau problème qu'il nous faut examiner.

Époques de la chute de l'œuf. — Rut, menstruation. — Nous venons d'indiquer déjà les éléments qui doivent nous servir à résoudre ce problème, en disant qu'on trouve les vésicules de de Graaf très développées, chez les mammifères, aux époques du rut. Ces vésicules, bien qu'elles existent déjà dans le fœtus, sont, pour ainsi dire, stationnaires jusqu'à la puberté, et leur accroissement commence seulement lorsque les caractères du sexe, la faculté de se reproduire et l'instinct générateur apparaissent chez les femelles. Mais aussi, le développement des follicules ovariques retentit, alors, dans le reste de l'appareil génital et dans l'économie tout entière. Les oviductes, la matrice et les organes copulateurs se tuméfient, s'injectent, sécrètent certains liquides, et subissent dans leur structure des changements qui les approprient au rôle qu'ils devront bientôt remplir, soit relativement au sperme, soit par rapport à l'œuf et au produit de la conception. L'instinct de la reproduction s'éveille et devient si impérieux, que les femelles, qui jusqu'alors évitaient les mâles, en recherchent au contraire les approches et cèdent avec empressement à leurs poursuites. Cet état ne persiste pas longtemps, surtout si l'accouplement vient en limiter la durée; car il cède presque toujours au coït. Lorsqu'il n'existe plus, la femelle perd son ardeur, fuit le mâle, ou lui résiste obstinément, jusqu'à ce qu'après un temps plus ou moins long, les mêmes symptômes se manifestent de nouveau, pour revenir désormais après des intervalles de temps égaux, dans chaque espèce, et à des époques dont la périodicité régulière coïncide souvent avec celle des saisons. Pour désigner l'ensemble des phénomènes que présentent alors les femelles, on dit qu'elles sont *en rut* ou *en chaleur*.

Ainsi, à des époques périodiques, les œufs formés dans les ovaires atteignent un état de maturation complète, et la rupture spontanée des vésicules qui les contiennent est imminente. Ce travail intérieur se manifeste par les phénomènes extérieurs du rut, c'est-à-dire par des signes analogues chez la plupart des animaux, quoique variables d'une espèce à l'autre.

Aristote (1) avait avancé que les mammifères ont des règles au moment du rut; il avait dit aussi que, chez eux, les règles sont moins abondantes que chez la femme; enfin il avait bien observé que la suppression de l'écoulement périodique, chez la vache, est un signe de conception. Stahl (2), Verduc (3), Helwig (4),

(1) *Histoire des animaux*. Paris, 1783, liv. VI et VII, trad. de Camus.
(2) *De mensium muliebrium fluxu et suppressione*. Ienæ, 1694.
(3) *De l'usage des parties*. Paris, 1696, t. I, p. 272.
(4) *Ephem. nat. cur.*, dec. I, ann. 9, 10, obs. 194.

P. Gassendus (1), Santorini (2), Duverney (3), Linné (4), Dwarris (5), Bohn (6), Blancaart (7), ont affirmé que le flux cataménial ne se rencontre pas seulement chez la femme, mais chez la femelle du singe, la vache, la biche, la jument, la chienne, la baleine, et chez les femelles de certains poissons, tels que la raie, la tanche, le mulet. Numan (8) et Rainard (9) ont vérifié les précédentes assertions sur plusieurs de ces animaux ; Pouchet (10) en a constaté la réalité sur les chiennes, les truies, les chattes, les lapines et les cobayes. F. Cuvier (11) a reconnu un écoulement menstruel chez les genettes; Lesson, Garnot et Geoffroy Saint-Hilaire ont fait la même observation chez les roussettes.

Les signes du rut varient, d'ailleurs, dans les diverses espèces. Ainsi, chez les poules, la crête se colore plus vivement en rouge; chez les lapines, la vulve se gonfle et s'injecte fortement; chez la chienne, cette tuméfaction est accompagnée d'un écoulement muqueux, odorant, qui attire les mâles; chez les singes, elle coïncide avec un écoulement sanguinolent, et même sanguin, assez abondant. Buffon (12), F. Cuvier (13), E. Geoffroy Saint-Hilaire (14), Burdach (15), Rengger (16), Ehrenberg (17), Breschet (18), Raciborski (19), Isid. Geoffroy Saint-Hilaire (20), ont fait sur la menstruation de ces derniers animaux de nombreuses observations. Cet écoulement est encore plus caractéristique et, en quelque sorte, plus comparable à la menstruation de la femme, si, au lieu de l'étudier dans nos ménageries, on l'observe dans des conditions plus rapprochées de l'état de nature. Hille (21), médecin de l'armée néerlandaise, à Surinam, possédait une femelle de singe qui, à chaque renouvellement de lune, était sujette à un flux sanguin abondant, dont la durée était de trois jours environ, pendant lesquels l'animal donnait tous les signes d'une excessive lubricité.

Enfin, la périodicité du rut est hors de doute pour plusieurs animaux, surtout pour nos espèces domestiques, chez lesquelles le retour de cet état physiologique est beaucoup plus fréquent que chez les espèces sauvages. Selon Kuhlemann (22), qui a fait, pour Haller, de nombreuses observations à ce sujet, les brebis non fécondées deviennent en chaleur tous les quinze jours ; les truies, tous les quinze

(1) *Vita* PEIRESCII. Paris, 1641.
(2) *De catameniis*, lib. IV, dans son ouvrage intitulé : *De structura et motu fibræ, de nutritione animali, de hæmorrhoïdibus et catameniis*. Venise, 1740.
(3) *Œuvr. anat.* Paris, 1761, t. II, p. 374.
(4) *Swetensk acad. Handling*, 1754.
(5) *Dissert. de catameniis*. Leyde, 1751.
(6) *Circulus anatom. physiologicus de œconomia corporis humani*. Leipsick, 1680, p. 251.
(7) *Jaarreg. cent.*, VI, n° 19.
(8) *Tijdschrift voor natulijke geschiedenis en physiol.*, 1838, t. III.
(9) *Traité complet de la parturition des principales femelles domestiques*. Lyon, 1845, p. 57.
(10) *Théorie positive de l'ovulation spontanée, etc.* Paris, 1847, p. 236.
(11) *Hist. nat. des mammifères*. Paris, 1824.
(12) *Histoire naturelle génér. et partic.* Paris, 1770, t. XII, p. 44.
(13) *Hist. nat. des mammifères*. Paris, 1825.
(14) *Cours sur l'hist. nat. des mammifères*. Paris, 1829.
(15) *Traité de physiologie*. Paris, 1831, t. II, p. 20.
(16) *Naturgesch. der Säugethiere von Paraguay*. Bâle, 1830.
(17) *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1833, p. 351.
(18) *Rech. sur la gestation des quadrumanes* (*Mém. de l'Instit.*, t. XIX, p. 401).
(19) *De la puberté et de l'âge critique*. Paris, 1844.
(20) *Dict. class. d'hist. nat.*, art. *Macaque* et *Mammifères*. Paris, 1830.
(21) *Wochenschrift für die gesammte Heilkunde*, 1842.
(22) *Observationes quædam circa negotium generationis in ovibus factæ*. Lipsiæ, 1754, édit. II.

à dix-huit jours. Ce phénomène se reproduit, d'après Kahleis (1) et Numan (2), toutes les trois ou quatre semaines chez les vaches; selon Greve (3), tous les mois chez les juments, et selon F. Cuvier (4), après le même laps de temps, chez les buffles, les zèbres et les singes.

La femme est-elle soumise à la même loi que les femelles des mammifères, c'est-à-dire, y a-t-il, chez elle, des époques correspondantes au rut, se renouvelant après des périodes régulières, caractérisées par les mêmes phénomènes internes et externes ?

Quant aux phénomènes internes, nous l'avons déjà vu, ils sont identiques chez la femme et chez les femelles des mammifères : les vésicules de de Graaf arrivent d'elles-mêmes à maturité ; et, puisqu'on a trouvé des corps jaunes chez les vierges, il en résulte que ces vésicules peuvent aussi se rompre spontanément et expulser l'œuf, quand il est arrivé au terme de son évolution.

Des phénomènes extérieurs généraux et locaux se manifestent aussi chez la femme comme chez les femelles des mammifères : Aristote (5) en avait si bien saisi l'analogie, qu'il donne le nom de *menstrues* au flux cataménial de la femme et à l'écoulement périodique qui suinte par la vulve des mammifères en chaleur. Ces phénomènes présentent même chez la femme bien plus d'intensité sous quelques rapports : au lieu d'offrir une simple turgescence ou un écoulement sanguinolent, les organes génitaux sont le siége d'une véritable hémorrhagie; et, chez le plus grand nombre des femmes, ces signes ont une fréquence et une périodicité bien plus prononcées que chez la plupart des mammifères.

Un seul point reste à vérifier : il s'agit de savoir si, entre ces deux ordres de phénomènes intérieurs et extérieurs, il existe la même coïncidence que nous leur avons reconnue chez les mammifères; si les uns précèdent ou suivent les autres, ou bien s'ils coexistent ; s'ils sont liés entre eux par quelque relation de cause à effet, ou enfin si, se rattachant à une même cause qui dominerait à la fois les uns et les autres, ils sont, par cela même, toujours concomitants.

On comprend d'abord, d'après ce que nous venons de dire, que, chez la femme, des phénomènes d'un seul ordre peuvent être comparés à ceux qui constituent le rut chez les animaux : ce sont les phénomènes dont l'ensemble est connu sous le nom de *menstruation*.

Or, l'expérience des plus anciens temps a appris que les jeunes filles ne sont nubiles et fécondes qu'à dater du jour de leur première menstruation. L'observation attentive des actes physiologiques de notre espèce avait aussi donné, aux médecins des premiers âges, la conviction que le coït, exercé pendant les règles, ou immédiatement après, est suivi de conception bien plus souvent que le coït exercé pendant la période intermenstruelle. Hippocrate (6) recommandait aux femmes qui voulaient avoir des enfants de cohabiter au commencement et à la fin de la purgation menstruelle, mais plutôt quand elle dure encore que lorsqu'elle est complétement passée. Galien (7) pensait que la conception était possible, surtout im-

(1) MECKEL'S *Arch.*, t. VIII, p. 434.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) MECKEL'S *Archiv.*, t. VI, p. 52.
(4) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. IX, p. 120.
(5) *Hist. des animaux*. Paris, 1783, lib. VI, p. 379, trad. de Camus.
(6) *Opera omnia*. Francfort, 1596, édit. de FOES, p. 641, 644.
(7) *Comment. III in* HIPPOCRATIS *libr. II, edit. Oper.*, édit. cur. Dr KUHN, Leipsick, 1828, p. 442.

médiatement après la menstruation. A une époque plus rapprochée de nous, Boerhaave (1) affirmait que les femmes ne deviennent presque jamais enceintes qu'à la fin de leurs règles ; et Haller (2) dit qu'il est inutile d'insister sur ce fait. Il est si connu, ajoute-t-il, que les femmes qui ne veulent pas avoir d'enfants redoutent d'exercer le coït pendant cette période. Enfin, parmi les auteurs plus récents qui ont essayé des théories sur la menstruation, Lecat (3) considérait cette fonction comme une espèce de phlogose amoureuse; R. Emett (4) comme une véritable érection des parties génitales; Dugès (5), d'après les idées exprimées par Béclard dans ses leçons orales, comme le résultat d'une excitation générale des organes de la génération, analogue à celle du rut, et dont les ovaires seraient le foyer.

Mais l'expérience directe, qui consistait à rechercher quelle modification matérielle s'accomplit dans l'ovaire, concurremment avec la modification fonctionnelle des autres organes de la génération et de tout l'organisme de la femme, n'a été tentée, pour la première fois, qu'en 1831. Négrier d'Angers (6), laissant de côté l'analogie, pour s'appuyer seulement sur l'observation des ovaires de l'espèce humaine, fut le premier à saisir le lien qui existe entre la fonction de ces organes et la période menstruelle. Il exprima ses idées, sur ce point, dans un mémoire lu à la Société de médecine d'Angers, et les rendit publiques quelques années plus tard. On peut dire que, bien qu'il n'ait jamais vu l'œuf, il n'a pas moins reconnu la coïncidence de la rupture des vésicules ovariennes avec les époques de la menstruation. Après lui, Gendrin (7), Montgomery (8), R. Lee (9), Paterson (10), Raciborski (11), Bischoff (12), Courty (13), justifièrent cette opinion par des observations nouvelles; tandis que Duvernoy (14) et Pouchet (15) donnaient toutes les preuves rationnelles que l'analogie et l'induction peuvent fournir, en faveur de la similitude de la menstruation de la femme et du rut chez les mammifères. Enfin, Coste (16) a confirmé, plus récemment, les conclusions de ces nombreux travaux en donnant le résultat de ses recherches sur l'état des organes génitaux de la femme aux diverses époques de la menstruation et de la période intermenstruelle.

D'après les pièces que nous avons observées dans la collection de ce dernier

diverses phases de la menstruation ; et, selon que les circonstances sont plus ou moins favorables, elle peut se rompre, ou dès le début, ou vers la fin, ou à un moment quelconque de cet écoulement périodique. — Chez une femme, morte le premier jour de l'invasion des règles, la vésicule ovarique était manifestement rompue. Chez une autre, morte quatre ou cinq jours après leur cessation, l'ovaire droit portait une vésicule encore intacte, mais tellement distendue, que la plus légère pression en fit éclater la paroi. Enfin, chez une jeune fille vierge, morte quinze jours après la menstruation, il n'y avait aucune trace récente de corps jaune, et l'on ne pouvait douter que la vésicule de de Graaf ne se fût arrêtée dans son développement. Ces femmes, et toutes celles dont nous avons pu étudier les ovaires, avaient succombé à une mort violente et dans la plénitude de la santé.

Ainsi, chez la femme, à chaque menstruation, une vésicule de de Graaf prend sur toutes les autres une prépondérance marquée, arrive spontanément à maturité, et, en général, se déchire à un moment indéterminé de cette période, pour expulser l'œuf qu'elle contient ; mais pourtant, dans certains cas, cette vésicule peut aussi demeurer stationnaire ou être totalement résorbée : double phénomène analogue à celui qu'on observe chez les mammifères, pendant le rut.

La menstruation est donc pour l'espèce humaine, comme le rut pour les animaux, l'époque naturelle de la chute des œufs, et, par conséquent, la plus favorable à la conception : telle est la cause prochaine de la plus grande aptitude génératrice de la femme à ce moment ; telle est la raison anatomique de ce résultat d'observation, qui, déjà constaté par le père de la médecine, était resté sans explication jusqu'à ces dernières années.

Une question d'un grand intérêt se rattache à cette dernière conclusion : Les époques de la maturation et de la chute naturelle des œufs se reproduisent-elles toujours et nécessairement d'une manière régulière ? La loi de la ponte périodique, applicable à la femme, aux femelles des mammifères et de tous les autres animaux, est-elle non-seulement générale, mais absolue ? Cette loi ne souffre-t-elle aucune exception ? En un mot, en dehors du rut et de la menstruation, n'existe-t-il pas des influences capables de hâter les époques de la maturation et de la chute des œufs.

L'exemple de plusieurs espèces animales, surtout de nos espèces domestiques, prouve que, loin d'être soumises à un principe immuable, la déhiscence spontanée de l'œuf et la ponte périodique dépendent aussi de conditions étrangères à l'évolution naturelle des vésicules de de Graaf. Elles peuvent en effet être modifiées par des causes extérieures dont l'influence se fait sentir aussi bien sur les fonctions qui perpétuent les espèces que sur celles qui servent à entretenir la vie. — La génération est à l'espèce ce que la nutrition est à l'individu : toutes les circonstances qui contribuent à modifier celle-ci peuvent par cela même modifier celle-là.

Ainsi, le pigeon, qui ne pond dans l'état de nature qu'une ou deux fois par an, niche sept à huit fois, dans nos colombiers. Les poules, qu'on a le soin de priver de leurs œufs, pour empêcher qu'elles ne les couvent, pondent presque tous les jours pendant huit mois sur douze. Le lapin, qui, dans l'état de liberté, n'a pas plus d'une ou deux portées par an, se reproduit jusqu'à sept fois, quand on sèvre ses petits en temps opportun.

L'époque de la maturation et de la chute des œufs, loin d'être immuable, paraît donc dépendre de certaines circonstances qui peuvent la hâter dans un cas, la retarder dans un autre. Par conséquent, il faut distinguer, avec Coste (1), des époques naturelles pour cette maturation et cette chute, et d'autres époques que l'on pourrait appeler artificielles, parce qu'elles sont provoquées par des influences extérieures dont l'expérience a démontré l'efficacité. Au nombre de celles-ci, on doit citer les conditions d'abri et de température, l'abondance et la qualité des aliments, etc. Coste (2) ajoute à ces moyens accélérateurs la cohabitation des mâles avec les femelles, comme étant un des plus actifs : une lapine entre en rut seulement tous les deux mois, quand elle est isolée; au contraire, la met-on avec le mâle, peu après la cessation du rut, cet état ne tarde pas à se manifester de nouveau, et elle se laisse couvrir au bout de quelques jours.

Si l'on considère que l'espèce humaine dispose à son gré de toutes ces conditions à l'égard d'elle-même, et jouit du privilége d'une aptitude permanente au rapprochement des sexes, ne pourrait-on pas conclure qu'elle aussi est soumise à ces influences, et que les phénomènes de la maturation et de la chute de l'œuf, chez la femme, ne sont pas toujours spontanés, ni invariablement fixés par la période menstruelle ?

Les considérations précédentes sur la chute spontanée de l'œuf et sa ponte périodique forment une exposition complète et fidèle de toutes les particularités de ce phénomène. Si nous cherchons à les résumer, notamment dans ce qu'elles renferment de relatif à notre espèce, nous serons amené à conclure que, chez la femme, les œufs peuvent atteindre spontanément leur maturation, et passer des vésicules de de Graaf rompues dans les trompes de Fallope ; qu'ils opèrent leur déhiscence chez les femmes qui sont vierges comme chez celles qui ne le sont pas et indépendamment de l'influence du sperme ; que le coït n'est peut-être pas sans influence pour activer leur maturation, et surtout leur chute ; que même les seules excitations génésiques, ou d'autres circonstances, peuvent hâter le retour des époques où s'accomplissent normalement ces phénomènes ; mais qu'en général ceux-ci se reproduisent périodiquement, et que, pendant les périodes auxquelles ils se manifestent, ils s'accompagnent de signes dont l'ensemble porte le nom de *menstruation ;* que, par conséquent, la maturation des œufs et le plus souvent leur déhiscence se traduisent au dehors par l'*éruption des règles.*

Maintenant il nous reste à étudier ce dernier phénomène, qui constitue la manifestation extérieure du travail dont les ovaires sont le siége ; à décrire, par conséquent, les caractères de la menstruation, ses variétés, son siége, ses causes prochaines et éloignées.

On a donné, depuis longtemps, le nom de *menstrues* (*purgatio menstrua, règles, mois*, etc.) à une excrétion de sang qui sort par la vulve, survient naturellement et presque sans exception à toute femme bien constituée, dès qu'elle a atteint l'âge de puberté ; se reproduit périodiquement tous les mois, et se continue jusqu'aux approches de la vieillesse.

(1) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 226.
(2) *Loc. cit.*

Haller (1), ne se doutant pas des relations qui existent entre la menstruation et le rut, reconnaissait que certains animaux ont un écoulement de sang par la vulve, lorsqu'ils sont en chaleur, mais niait qu'ils eussent, à proprement parler, des menstrues ou des règles. Les développements dans lesquels nous sommes entré, en décrivant tous les phénomènes de la chute de l'œuf, ne permettent plus de méconnaître l'analogie de l'écoulement menstruel de la femme avec les manifestations extérieures du rut chez les animaux. Cette analogie, que tout démontre, nous dévoile elle-même les causes de l'hémorrhagie périodique, dont tous les physiologistes s'étaient vainement efforcés jusqu'à ce jour de donner une interprétation plausible, et facilite le jugement qu'on doit porter des diverses explications proposées par chacun d'eux. Aussi devrons-nous moins chercher à faire connaître, chez la femme, les causes de cette hémorrhagie que ses caractères, ses variations suivant l'âge, le tempérament, le climat et les divers états physiologiques ou pathologiques. Décrivons d'abord le phénomène en lui-même.

Les différentes phases de la menstruation ont été distinguées, dans ces dernières années, avec plus d'exactitude qu'on ne l'avait fait autrefois. Pouchet (2) surtout, en caractérisant les diverses périodes de ce phénomène, et en comparant, à l'aide de l'observation microscopique, les liquides de la menstruation avec ceux de l'intermenstruation, a tracé de l'hémorrhagie menstruelle un tableau complet.

Le premier fait caractéristique de l'invasion des règles est la manifestation d'une odeur spéciale que contracte le mucus excrété par les organes sexuels : cette odeur est physiologiquement comparable aux émanations qui naissent des parties génitales des femelles à l'époque du rut, et qui, impressionnant le mâle d'une manière remarquable, surtout chez les mammifères, lui permettent de suivre la femelle à la piste. Un second phénomène décèle l'apparition des menstrues, c'est le changement de couleur du mucus utéro-vaginal : ce mucus, d'abord d'un blanc mat, devient alors brunâtre ; quelques globules sanguins, mêlés aux nombreux globules muqueux et aux fragments d'épithélium qui nagent dans ce liquide, sont la cause d'une pareille coloration.

Cette première période dure un ou deux jours. Tantôt elle précède l'écoulement sanguin d'une manière immédiate, tantôt les symptômes qui la caractérisent disparaissent, et le mucus, excrété par les organes génitaux, redevient normal ; puis, après un intervalle d'un jour, du sang presque pur s'échappe subitement par la vulve.

L'écoulement sanguin, rutilant, constitue la seconde période du phénomène. Le liquide alors excrété se compose de sang, qui ne diffère pas du sang artériel, mêlé à du mucus vaginal. En effet, en l'examinant au microscope, on y trouve des globules muqueux à divers degrés de développement et de minces fragments de lames épithéliales transparentes, mélangés à d'innombrables globules sanguins. Cet écoulement cesse d'ordinaire après trois ou quatre jours, mais il se prolonge chez plusieurs femmes pendant cinq, six et même huit jours.

La quantité du liquide exhalé devenant de moins en moins abondante, sa couleur passe du rouge au brun, la proportion des globules sanguins diminue et celle du mucus augmente ; enfin ce mucus devient lui-même plus épais, et offre, pendant cette période de cessation, des caractères analogues, mais inverses, à ceux

(1) *Elementa physiologiæ corporis humani*. Berne, 1765, t. VII, lib. XXVIII, *Muliebria*, p. 138.

(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*. Paris, 1847, p. 240.

qu'il avait d'abord présentés. C'est surtout à la fin de cette période que les vésicules de de Graaf peuvent s'ouvrir spontanément.

Quand l'écoulement menstruel a cessé, la surface interne de l'utérus, et surtout celle du vagin, se dépouillent de plaques épithéliales nombreuses, d'abord presque intactes, bientôt réduites en fragments plus ou moins ténus : ces plaques ou ces débris d'épithélium constituent, pendant les premiers jours de l'intermenstruation, la majeure partie des éléments solides contenus dans les excrétions de la vulve ; le reste est composé d'un nombre variable de globules muqueux. A ce moment, c'est-à-dire le dixième jour environ après la cessation des règles, on verrait tomber constamment, d'après Pouchet (1), un flocon albumineux, élastique, d'une teinte opaline, produit par la surface utérine, et qui serait une véritable *decidua*, se formant normalement dans la matrice, après chaque période menstruelle, se détachant normalement aussi, pendant chaque intervalle des règles, lorsqu'il n'y a pas eu conception. Nous n'avons jamais pu observer ce phénomène ; mais, alors même qu'il aurait lieu, nous nous garderions bien d'y voir la chute d'une *caduque* pour ainsi dire préventive. La caduque étant une portion même de la muqueuse utérine exfoliée, ainsi que nous le démontrerons en faisant l'histoire de cette membrane externe de l'œuf, nous ne saurions conserver une pareille interprétation au flocon albumineux décrit par Pouchet : la texture même qu'il lui assigne n'y décèle guère qu'un produit de sécrétion muqueuse, analogue à celui que fournissent quelquefois les glandes du col utérin connues sous le nom d'*œufs de Naboth*.

De même que l'invasion des menstrues est, chaque fois, précédée, chez une femme déjà réglée, d'une modification dans la quantité et dans la couleur des sécrétions sexuelles normales ; de même aussi chez la jeune fille qui, n'étant pas encore réglée, arrive à l'âge de puberté, l'hémorrhagie menstruelle est souvent précédée d'un écoulement séreux, blanchâtre ou brunâtre. Cet écoulement peut devancer de quelques mois celui du sang, et se reproduire plusieurs fois avant que ce dernier apparaisse ; souvent aussi, après la première évacuation sanguine, une jeune fille est quelques mois sans avoir ses règles. Ces mêmes phénomènes surviennent de nouveau à l'époque où l'évacuation menstruelle disparaît et où la femme perd pour toujours le privilége de la fécondité.

Des symptômes généraux accompagnent ordinairement le phénomène local de l'hémorrhagie périodique, et présentent même, surtout aux premières époques, une certaine gravité. Des douleurs plus ou moins vives, auxquelles s'ajoute un sentiment de pesanteur, se font sentir aux lombes et dans le bassin. Il s'y joint de la lassitude dans les jambes. On observe, en même temps, une tuméfaction notable des mamelles ; d'où l'on doit conclure que l'activité se trouve exaltée dans le système génital tout entier. Pendant la durée de l'évacuation, l'intensité des battements du pouls diminue, les yeux se creusent et s'entourent d'un cercle livide ; la femme éprouve un affaiblissement général, elle est plus sensible, plus impressionnable. Enfin, si l'hémorrhagie se fait avec difficulté, surtout la première fois, à ces divers phénomènes se joignent de véritables symptômes morbides.

La durée de chaque écoulement menstruel est variable : tantôt, comme nous

(1) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*. Paris, 1847, p. 249.

l'avons dit, elle se réduit à trois ou quatre jours, et tantôt se prolonge au moins pendant une semaine.

La quantité de sang rendue chaque fois varie aussi d'une femme à l'autre et suivant diverses circonstances. D'après Burdach, elle serait seulement de 200 grammes ; mais ordinairement elle s'élève à 300 ou 350 grammes. Elle peut atteindre jusqu'à 500 grammes, et même aller au delà. En général, cette quantité est moindre chez les femmes pauvres et mal nourries que chez les femmes riches et vivant dans l'abondance ; chez les femmes chastes que chez les femmes lascives, etc. D'après Haller (1) et Burdach (2), le flux menstruel se reproduit même plus souvent chez ces dernières, dont quelques-unes sont réglées tous les quinze jours. Selon Parent-Duchâtelet (3), il est quelquefois immodéré chez les filles publiques. Enfin, suivant Burdach (4) et Brierre de Boismont (5), il est plus considérable dans les pays chauds que dans les pays froids.

Relativement à la nature du liquide excrété, on sait aujourd'hui que le sang des menstrues n'est ni fétide, ni vénéneux : l'analyse chimique, qui en a été faite plusieurs fois, et l'explication physiologique que les découvertes modernes ont donnée de cette hémorrhagie, ne permettent pas le doute à cet égard. Hippocrate (6) et Aristote (7) n'avaient pas, d'ailleurs, une opinion différente ; car ils ont dit que le sang des règles était comme celui qui coule d'une victime, et que, comme lui, il se coagulait immédiatement. Il ne devient fétide que par la malpropreté, la chaleur, ou un long séjour dans les organes.

Quant à l'origine du sang qui s'écoule par la vulve, à chaque époque caténiale, Haller (8) savait déjà que ce fluide vient de la matrice ; en effet, dans les cas de renversement ou de prolapsus, on l'avait vu s'échapper par gouttes de cet organe. Il le faisait provenir des artères, et, comme nous le dirons bientôt, attribuait à une pléthore la cause de son excrétion. On ne peut dire si le sang menstruel provient réellement des artères ou s'il coule des veines ; car il s'échappe des capillaires interposés aux unes et aux autres, et répandus à la surface de la muqueuse utérine. Chez des femmes mortes au moment où commençait l'hémorrhagie, on a vu cette muqueuse engorgée, tatouée, pour ainsi dire, par un nombre infini de petits points rouges, comparables à autant de piqûres par lesquelles suintaient des gouttelettes de sang ; en même temps, elle se trouvait parsemée çà et là de petites ecchymoses sous-jacentes à son épithélium. D'après Coste (9), qui a observé un grand nombre d'utérus, aux diverses périodes de la menstruation, le sang s'échappe des vaisseaux superficiels de la muqueuse utérine, non point par de larges déchirures, mais par de petites gerçures microscopiques à travers lesquelles il perspire, comme cela arrive à la surface de la membrane pituitaire

(1) *Elementa physiologiæ*. Berne, 1765, t. VII, liv. XXVIII, p. 145, 146.
(2) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. I, p. 288.
(3) *De la prostitution dans la ville de Paris*. Paris, 1836, t. I, p. 248.
(4) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 288.
(5) *De la menstruation dans ses rapports physiologiques et pathologiques*. Paris, 1842, p. 164.
(6) *Natura pueri*, section III.
(7) *Histoire des animaux*, liv. VII, ch. I.
(8) *Liv. cit.*, p. 149.
(9) *Ouvr. cit.*, p. 206.

dans le cas d'épistaxis : c'est seulement quand des vaisseaux d'un assez grand calibre, distendus outre mesure, finissent par se rompre, que le flux menstruel sort de ses limites naturelles, et peut donner lieu à des accidents graves. La muqueuse de l'utérus doit donc être profondément modifiée lors de l'apparition de chaque flux périodique : elle devient turgescente, son appareil vasculaire se développe et s'injecte, ses glandules elles-mêmes grandissent visiblement. Mais, comme ces dernières modifications se rattachent d'une manière plus immédiate à la formation de la membrane caduque, et comme il nous faudrait insister d'abord, pour les bien faire comprendre, sur certaines particularités de structure de l'utérus et de sa membrane interne, nous renvoyons la description de tous ces phénomènes, pour ne point rompre le fil de leur exposition, jusqu'au moment où nous devrons faire l'histoire complète de la *decidua*.

En général, chez la femme, la menstruation se reproduit périodiquement tous les mois. D'après Brierre de Boismont (1), chez un grand nombre de femmes, trente jours s'écoulent entre le moment de l'apparition des règles et celui de leur retour. D'après Schweig (2), qui a fait, sur soixante femmes, plus de cinq cents observations, la valeur moyenne de cet intervalle serait de 27jours,39 ; c'est-à-dire que, dans la majorité des cas, l'hémorrhagie se reproduirait du vingt-septième au vingt-huitième jour.

Il est certain que les règles reviennent, chez un grand nombre de femmes, à des époques fort régulières, après un mois, jour pour jour. Le plus souvent elles anticipent de plusieurs jours sur l'époque suivante, plus rarement elles retardent.

Il règne plus d'incertitude sur l'époque de la première éruption des règles et sur l'influence que peuvent avoir les circonstances extérieures, les climats surtout, pour avancer ou reculer cette époque. On sait que, généralement, les règles commencent à couler quand les mamelles commencent à se gonfler, et les poils à croître aux parties génitales. L'âge auquel se manifestent ces signes de la puberté, chez la femme, est compris, dans nos climats, entre la treizième et la quinzième année. Mais il peut varier exceptionnellement, dans des limites assez étendues. Sans parler des cas dans lesquels on a vu sortir du sang de la vulve de petites filles à l'instant de leur naissance, à trois mois, à deux ans, à sept ans, nous rappellerons que Haller (3) a vu lui-même une fille de neuf ans, petite, délicate, etc., réglée, dit-il, depuis quelques années ; une autre qui est devenue enceinte au même âge, et d'autres qui sont devenues mères à dix ans et à douze ans.

Quant à l'influence des climats, Haller dit que les filles sont nubiles plus tôt dans les pays méridionaux que dans les contrées septentrionales, dans les plaines que dans les montagnes, où l'apparition des règles est souvent retardée jusqu'à l'âge de vingt-quatre ans.

Aujourd'hui, on admet encore généralement que la menstruation est plus précoce dans les pays chauds que dans les pays froids. La température exerce-t-elle, en effet, une action aussi directe sur l'évolution de l'appareil génital ? Les recherches d'un grand nombre d'observateurs modernes, et en particulier celles de Brierre, tendent à démontrer que cette influence, tout exagérée qu'elle a été, n'en

(1) *De la menstruation dans ses rapports physiologiques et pathologiques*. Paris, 1842.
(2) ROSER et WUNDERLICH, *Medicinische Vierteljahrsschrift*, 1844, p. 1.
(3) *Liv. cit.*, p. 139.

est pas moins réelle ; d'un autre côté, J. Roberton (1), chirurgien à Manchester, a exprimé une opinion opposée dans deux mémoires publiés il y a peu d'années sur le même sujet ; et Prichard (2) ne craint pas d'admettre que les preuves sur lesquelles cette dernière opinion est établie sont parfaitement satisfaisantes. Roberton cherche à prouver qu'il n'y a pas de différence, sous le rapport de la précocité, entre les femmes blanches et les négresses ; que, dans le Nord, les femmes sont souvent menstruées de très bonne heure ; que, dans l'archipel Indien, la puberté n'arrive pas plus tôt qu'en Europe, etc. Mais, sans entrer ici dans une discussion qui serait trop étendue, nous dirons que l'auteur de ces deux mémoires a dû se servir de documents inexacts ou peu précis, et qu'il a donné de ces documents une interprétation fautive. Si nous cherchons, en effet, à déterminer l'âge moyen auquel apparaissent les règles, d'après les données plus récentes que la science possède, et si nous comparons les âges moyens de la menstruation dans des climats offrant entre eux des différences sensibles, nous ne tarderons pas à découvrir dans ces âges eux-mêmes des différences assez notables. Ainsi, tandis que l'âge moyen est de 16^{ans},75 à Varsovie, il est de 14^{ans},75 à Paris, et de 13^{ans},94 à Marseille ; c'est-à-dire, pour prendre les limites extrêmes, que la puberté est plus précoce à Marseille qu'à Varsovie de 2^{ans},81 ou près de 3 années. Lorsqu'on met en parallèle deux pays séparés par un petit nombre de degrés de latitude, il est possible que leurs températures soient égales, ou la différence de ces températures assez faible pour que leur influence sur la menstruation disparaisse devant l'action de causes agissant en sens opposé. Mais, quand on compare des pays dont la distance à l'équateur est très inégale, et dont, par conséquent, les températures sont ordinairement fort différentes, le résultat de cette comparaison est toujours favorable à l'opinion généralement admise, qu'une température plus élevée rend l'éruption des règles plus précoce.

Bien des incertitudes existent encore relativement à la détermination de l'âge auquel cesse la menstruation. Souvent, à trente-six ans, des pertes blanches succèdent aux hémorrhagies périodiques, et les femmes deviennent stériles. Habituellement, vers quarante ans, du trouble survient dans la périodicité des menstrues, on observe des alternatives entre de grandes pertes sanguines et de longues suppressions, et, vers cinquante ans, les règles cessent entièrement. D'après les observations récentes de Brierre de Boismont (3), c'est de quarante à cinquante ans que la cessation des règles est plus fréquente, et l'âge de quarante ans est celui où elle a eu lieu chez le plus grand nombre des femmes qui ont été le sujet de ses observations. Quelquefois il y a retour des règles, et, pour ainsi dire une seconde jeunesse, jusqu'à cinquante-cinq ans, soixante-huit ans et au delà, pendant laquelle la femme peut recouvrer sa fécondité : d'après Haller (4), on a vu des femmes de soixante et dix ans avoir encore des enfants.

Le climat a-t-il une influence sur la disparition définitive des règles ? Cette influence est-elle analogue à celle qui s'exerce sur leur éruption ? Les règles, qui sont plus précoces dans les pays chauds, se suppriment-elles aussi de bonne heure

(1) *An Inquiry into the Natural History of the Menstrual Function* (*Edinb. Med. and Surg. Journ.*, t. XXXVIII, 1832, p. 227). — *On the Period of Puberty in Negro Women* (*Ibid.*, 1844, t. LVIII, p. 112).
(2) *Histoire naturelle de l'homme*. Paris, 1843, t. II, p. 252, trad. de ROULIN.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Liv. cit.*, p. 142.

dans ces contrées ; et l'inverse a-t-il lieu dans les pays froids ? C'est le sentiment de Haller. Mais, en se fondant sur les seuls faits que nous connaissions, il est impossible d'émettre à cet égard une opinion positive. Ainsi Frank, cité par Brierre de Boismont (1), a eu l'occasion de se convaincre, dans la Lombardie, qu'un grand nombre de filles, réglées de bonne heure, cessent pourtant de l'être seulement vers quarante-huit ans ou même plus tard.

La gestation suspend les règles : c'est même presque à ce seul signe que les femmes reconnaissent d'abord leur grossesse. Cependant Haller en a vu qui sont restées réglées jusqu'au huitième mois, et même pendant toute la durée de la gestation, dans plusieurs grossesses successives. D'autres, dit-on, n'auraient été réglées que pendant leur grossesse ; mais nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de cette assertion.

L'allaitement n'entraîne pas toujours la suppression des règles, et il n'est pas très rare de voir des nourrices menstruées. Aussi, dit Haller (2), la lactation n'empêche-t-elle pas une femme de devenir grosse, quoique l'opinion contraire soit généralement accréditée.

Enfin il existe un assez grand nombre de femmes qui, pendant toute leur vie ou pendant plusieurs années, n'ont pas été réglées ; et néanmoins, plusieurs d'entre elles ont eu des enfants. Cette exception apparente, qui, lorsqu'elle ne tient pas à un état particulier des ovaires, peut dépendre d'une structure spéciale de l'utérus, n'attaque en aucune manière les lois qui établissent un rapport intime entre la menstruation et l'évolution ovarique. Mais peut-il arriver, ce qui serait plus extraordinaire, que des femmes qui n'ont jamais été réglées le deviennent dans le seul temps de la grossesse ? Maygrier (3) en a cité un exemple. Outre que Désormeaux a nié les faits de cette nature, Négrier (4) pense avec raison que, dans ce cas, comme dans un autre dont il a été témoin, la femme, sans perdre de sang, offrait, à toutes les époques précédant la grossesse, les prodromes de la menstruation, qu'elle rendait même par la vulve un liquide muqueux blanchâtre, rappelant l'écoulement menstruel, et qu'elle pouvait, par conséquent, avoir fourni, durant les premiers mois de la grossesse, quelques exsudations sanguinolentes.

Telles sont les diverses phases et les principales variations que nous offre l'hémorrhagie menstruelle chez la femme. Il ne nous reste plus qu'à rappeler, en peu de mots, les relations qui existent entre ce phénomène et celui de l'expulsion spontanée des ovules, à déterminer ainsi la vraie cause de la menstruation.

Cette cause fut longtemps ignorée. Sans parler de toutes les hypothèses que l'antiquité avait faites sur ce sujet, nous ne pouvons nous empêcher de dire que Haller (5) lui-même n'avait assigné à ce phénomène, si remarquable par sa périodicité, d'autre cause qu'une pléthore périodique. Ce grand physiologiste donnait, pour preuve de son opinion, la manifestation des divers écoulements sanguins qui paraissent suppléer les règles, lorsque celles-ci manquent, et qui se font soit par

(1) *Ouvr. cit.*, p. 211.
(2) *Liv. cit.*, p. 143.
(3) *Dict. des sciences méd.*, t. XXXII, p. 377.
(4) *Rech. anat. et phys. sur les ovaires de l'espèce humaine.* Paris, 1840, p. 59.
(5) *Liv. cit.*, p. 151, 175.

les poumons, soit par les intestins, etc., tantôt sous la forme de vomissements, tantôt sous celle d'hémorrhoïdes, etc. Après avoir comparé longuement la force des vaisseaux chez les mâles et chez les femelles, il avait conclu que, chez ces dernières, les artères s'amollissent en approchant du bassin, première condition favorable à l'hémorrhagie cataméniale. D'un autre côté, la nature, pensait-il, avait rendu les femmes pléthoriques, afin que, lorsqu'il en serait temps, elle trouvât dans la matrice une quantité de sang suffisante pour en transmettre abondamment au fœtus. Il est inutile de développer cette théorie très longuement exposée par son auteur et complétement inadmissible aujourd'hui.

Burdach (1), sans plus de raison, attribue l'existence de la menstruation, chez la femme, à ce que la force plastique a bien plus d'énergie chez elle que chez l'homme. Non-seulement il pense que l'éruption des règles a pour but de débarrasser l'économie d'un excès de sang, mais il admet encore, avec Testa, que la matrice, en accomplissant cette fonction, peut être considérée, en quelque sorte, comme un poumon accessoire : il prétend, en effet, avec Lavagna, ce que l'expérience n'a pas confirmé depuis, que le sang menstruel contient moins de fibrine, moins d'azote, et plus de carbone que le sang artériel; en un mot, que ce liquide a les caractères du sang veineux, que sa perte débarrasse l'économie, au lieu de l'affaiblir, et qu'ainsi la menstruation sert de complément à la fonction pulmonaire, c'est-à-dire à l'hématose.

Nous en avons déjà dit assez sur les causes de la menstruation, et sur les rapports qui lient ce phénomène à celui de la chute spontanée de l'œuf, pour ne pas nous arrêter à combattre ces hypothèses, dénuées de toute espèce de fondement. Nous avons vu que Négrier (2), le premier, constata expérimentalement le lien qui existe entre la fonction des ovaires et le retour des époques menstruelles. Il rappela, d'après les observations de Simon, de Pott, de Pearson, que la menstruation ne s'établit jamais chez les sujets manquant congénitalement d'ovaires, et qu'elle n'a plus lieu après la destruction de ces organes; que, tout au contraire, d'après les observations d'Engel, de Dupuytren, de Bloxam, il y a nubilité, désirs vénériens, et congestion hypogastrique plus ou moins périodique chez quelques filles pourvues d'ovaires, mais manquant d'utérus. Il établit, par ses recherches propres, que jamais les ovaires des femmes menstruées, de quelque âge qu'elles soient, ne manquent de cicatrices vésiculaires ou de corps jaunes; que les ovaires sont développés ou petits, vésiculeux ou peu vésiculeux, renferment beaucoup ou peu de cicatrices, suivant que les femmes sont précoces et perdent beaucoup, ou qu'elles se trouvent dans les conditions opposées; et il en conclut que l'évolution des vésicules de de Graaf est la cause de la menstruation. Affirmant aussi que parfois on rencontre des cicatrices sur les ovaires de filles qui n'ont pas encore été menstruées, et que, pendant la grossesse, l'évolution vésiculaire est très lente, il en conclut encore non-seulement que les ovaires sont la cause de l'excitation de l'utérus, mais que jamais l'utérus ne devient cause d'excitation pour les ovaires.

Les relations entre les modifications ovariques et la menstruation ou le rut ont été confirmées par de nombreux observateurs, et justifiées par l'étude des faits précédemment exposés (3); elles ont même été quelquefois étendues hors de leurs

(1) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. I, p. 287.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 60, 71.
(3) Voyez plus haut, page 725.

limites naturelles. Ainsi Raciborski (1) attribue aux ovaires non-seulement la cause du rut, mais encore l'odeur qui le caractérise.

Négrier (2) pense que l'hémorrhagie menstruelle est à son plus haut point, quand arrive la rupture de la vésicule de de Graaf. La plupart des autres auteurs qui ont écrit sur ce sujet admettent que l'époque de cette rupture coïncide avec le terme de l'écoulement sanguin. Mais, nous l'avons vu, la déchirure de la vésicule peut se faire aux divers moments de l'hémorrhagie périodique, être hâtée ou retardée par certaines circonstances, ou enfin avorter : le plus souvent elle s'opère à la fin de la période cataméniale, ou même lorsque le flux a complétement cessé. Dans tous les cas, l'époque de l'hémorrhagie utérine coïncide avec celle de la maturité de l'œuf, et il est évident que cette hémorrhagie et cette maturité concourent à un même but, la conception. L'œuf, en mûrissant, devient un élément germinateur prêt à sortir de l'ovaire et à se développer. L'hémorrhagie n'est que le symptôme extérieur d'une turgescence utérine, et de modifications particulières qui, nous le verrons plus tard, préparent la matrice à recevoir cet élément, à le conserver, à en favoriser le développement. Que l'œuf se détruise et se perde, ou qu'il fructifie et poursuive son évolution, peu importe ; le fait ne se réalise pas moins de la même manière. Chaque fois qu'un œuf devient susceptible d'être fécondé et d'entrer dans la voie de son évolution, l'utérus subit un travail préparatoire qui devrait aider à cette évolution dans le cas où la fécondation aurait lieu. C'est précisément ce travail qui se traduit au dehors, chez la femme, par l'hémorrhagie menstruelle, et chez les animaux par les symptômes locaux du rut. Il est d'ailleurs difficile de dire si la rupture de la vésicule ovarique, ou plutôt la maturation de l'œuf, est la cause de la menstruation, ou si ces phénomènes ne sont pas tellement liés entre eux, qu'aucun d'eux ne soit sous la dépendance de l'autre, mais que tous les deux résultent en même temps d'une cause plus générale.

B. — Du sperme.

L'élément mâle de la reproduction est le sperme.

Le *sperme* est un liquide épais, filant, d'une couleur blanchâtre, d'une pesanteur spécifique plus grande que celle de l'eau, d'une odeur particulière qu'on a assez bien caractérisée en la comparant à celle qu'exhale la râpure d'os, et que R. Wagner (3) attribue aux sécrétions mêlées à la semence plutôt qu'au sperme lui-même. Il verdit les couleurs bleues végétales ; mais, en général, on a rapporté cette réaction légèrement alcaline à la liqueur prostatique qui est toujours mélangée au sperme après l'éjaculation. Il est soluble dans l'eau et dans les acides, et se coagule sous l'influence de l'alcool. Abandonné à lui-même, il laisse déposer des prismes à quatre pans, terminés par de longues pyramides quadrangulaires et groupées en étoiles, qui sont du phosphate calcaire ou du phosphate ammoniaco-magnésien ; puis il se dessèche en une lamelle jaune, fendillée, insoluble dans l'eau. Soumis à l'action de la chaleur, il donne naissance à de l'ammoniaque, et bientôt répand l'odeur de la corne brûlée.

Ces caractères physiques et chimiques nous apprennent peu de chose sur la na-

(1) *De la puberté et de l'âge critique, etc.* Paris, 1844, p. 379.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 77.
(3) *Histoire de la génération et du développement.* Bruxelles, 1841, p. 38, trad. par Halbela

ture du sperme. Les diverses analyses qu'on a faites de ce liquide ne nous ont pas éclairés davantage. Vauquelin (1) a trouvé dans le sperme de l'homme, 90 parties d'eau, 6 d'une matière extractive ou d'une substance mucilagineuse particulière, 3 de phosphate calcaire avec un peu d'hydrochlorate de chaux, et 1 de soude. Berzelius (2) n'a rien ajouté à cette analyse : il a seulement étudié avec plus de soin, mais sans arriver à aucun résultat digne d'intérêt, la substance animale signalée par Vauquelin, et désignée depuis sous le nom de *spermatine*. Cette matière a de l'analogie avec la fibrine, mais elle en diffère par sa solubilité dans l'acide azotique et son peu de solubilité dans la potasse ; elle se rapproche aussi du mucus par la propriété qu'elle a de se gonfler dans l'eau, mais elle en diffère aussi par celle de se fluidifier et de se redissoudre dans ce liquide. Aucun travail sérieux n'a été fait, depuis ces deux chimistes, sur la composition du sperme, et l'on peut dire que nos connaissances sur ce sujet sont encore des plus imparfaites. — Cette imperfection tient surtout à ce que l'analyse a porté sur la masse des divers liquides excrétés pendant la copulation, et non sur chacun d'eux en particulier.

L'observation la plus superficielle suffit pour démontrer que, dans le liquide de l'éjaculation, une matière blanche et opaque est mêlée, en proportions variables, à une matière plus translucide. De là résulte la demi-transparence du fluide séminal, qui est d'autant plus clair, comme Haller (3) l'avait déjà remarqué, que le sujet est plus faible, et que l'acte dans lequel il est évacué est plus souvent répété. Cela tient à ce qu'alors le liquide rejeté renferme beaucoup plus d'humeur prostatique et de mucus uréthral que de sperme proprement dit (*).

En effet, la semence éjaculée pendant le coït se compose de plusieurs liqueurs sécrétées dans des organes distincts, douées d'une importance et de propriétés différentes.

1° Le sperme proprement dit est le liquide qui, formé dans le testicule, gonfle quelquefois cet organe, l'épididyme et les canaux déférents, de même que les œufs distendent l'ovaire au moment de leur maturité : ce gonflement est facile à observer chez les mâles, surtout à l'époque du rut. Ce fluide, de couleur légèrement ambrée, est épais, et il forme, dans le liquide éjaculé, des grumeaux d'autant plus volumineux que le sujet se livre plus rarement au coït.

2° Un autre liquide est sécrété par les vésicules séminales. Haller (4) avait soupçonné que non-seulement ces sacs membraneux servent de réservoir au sperme, mais encore qu'ils sécrètent une humeur spéciale analogue à celle de la prostate, des glandes de Cowper et des follicules de l'urèthre. Les données de l'anatomie com-

(1) *Annales du Muséum*, t. X, p. 169.
(2) *Traité de chimie*. Paris, *trad. franç.*, 1833, t. VII, p. 557.
(3) *Elementa physiologiæ*. Berne, 1765, t. VII, p. 517.

(*) E. Godard a fait dernièrement, dans les haras du Poitou, des recherches sur le liquide éjaculé par des étalons et des baudets dans les différentes saillies successives d'une même journée. Il a constaté que le sperme, qui était assez épais, très opalin, de couleur ambrée dans la première monte, devenait de plus en plus clair et de moins en moins épais, de telle sorte qu'à la quatrième saillie ce liquide était absolument comme de l'eau, et contenait à peine quelques rares animalcules. Aussi était-il aisé, à la vue seule, de distinguer le sperme éjaculé par le même animal aux divers moments de la journée. D'après le même observateur, la semence de la première monte du matin aurait seule des propriétés fécondantes certaines ; et, dans les haras, il serait avantageux de ne faire faire au même animal qu'une saillie par jour. Une saillie tous les deux jours serait même préférable : en agissant de la sorte, on obtiendrait un meilleur résultat qu'en obligeant les étalons à quatre et cinq montes par jour. (*Note communiquée.*)

(4) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 540.

parée et les recherches récentes ont confirmé et étendu cette manière de voir. Ainsi, chez plusieurs animaux, les vésicules séminales sont tout à fait indépendantes des canaux déférents, et s'ouvrent séparément dans l'urèthre ; chez l'homme, d'après les observations de E. H. Weber (1), on trouve bien des spermatozoïdes dans ces vésicules, lorsque les canaux déférents en sont remplis, mais toujours en quantité moindre que dans ceux-ci.

3° Le suc de la prostate a été considéré par certains auteurs comme ayant une aussi grande importance, chez l'homme, que l'humeur même du testicule. Mais, comme Galien (2) l'avait fait observer, quoique cette humeur soit toujours sécrétée chez les castrats, elle ne suffit pourtant pas pour leur conserver la puissance fécondante. L'anatomie comparée nous a appris, plus tard, que beaucoup d'espèces se reproduisent, quoique les mâles n'aient pas de prostate. La sécrétion de cette glande est néanmoins très active, chez l'homme en particulier, au moment du coït ; et Haller (3) a pu dire, non sans quelque raison, que le volume de la prostate devenait plus considérable chez les individus lascifs.

4° Enfin, il faut ajouter aux liquides précédents l'humeur fournie par les glandes de Cowper et par les innombrables follicules muqueux qui s'ouvrent dans toute la longueur de l'urèthre.

Tels sont donc les liquides élémentaires du mélange desquels résulte la liqueur complexe de l'éjaculation, liqueur soumise à l'examen des chimistes, et dans laquelle j'ai signalé une *propriété émulsive* des plus prononcées (*).

Mais ce que l'analyse chimique n'a pu faire encore, l'analyse anatomique l'a accompli avec le secours du microscope : elle a distingué, d'une manière tranchée, les liquides qui proviennent de tous les organes sécréteurs accessoires, du liquide exclusivement fécondant qui vient du testicule.

Les premiers renferment un grand nombre de globules muqueux, des plaques épithéliales entières ou divisées, à noyaux très distincts, et souvent fort abondantes, surtout dans les cas d'irritation chronique de la prostate et de l'urèthre. Ces liquides ne constituent pas l'élément fécondant ; ils en sont, pour ainsi dire, le dissolvant

(1) *Mémoire sur un vestige d'utérus chez les mâles des mammifères, sur la structure de la prostate et sur les glandes de la muqueuse utérine* (*Archives d'anatomie générale et de physiologie*, Paris, 1846, p. 381).

(2) *De utilitate partium*, lib. XIV, cap. II. *De semine*, lib. II, cap. VI.

(3) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 541.

(*) LONGET, *Action du fluide séminal sur les corps gras neutres* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, décembre 1854).

Si l'on mêle avec le fluide séminal une matière grasse préalablement reconnue *neutre* (de l'huile d'olive, par exemple), et si on les agite ensemble, le mélange se transforme aussitôt en un liquide semblable à du lait ; il se fait une *émulsion*. Celle-ci est tellement parfaite, que jusqu'au moment même de la putréfaction, avec une température de + 15 à 20 degrés centigrades, le liquide blanchâtre crémeux ne change pas du tout d'apparence, et qu'il n'y a, par le repos, aucune séparation entre la matière grasse et le fluide séminal. — Ce fluide ne paraît pas devoir sa propriété émulsive à l'alcali (soude) qu'il renferme ; en effet, neutralise-t-on ce dernier par l'acide acétique, ou même vient-on à acidifier la liqueur, l'émulsion se produit, dans l'un et l'autre cas, comme auparavant ; seulement elle est moins persistante. — Si, après avoir précipité, à l'aide de l'alcool, la matière coagulable du fluide séminal, on la redissout ensuite dans une petite quantité d'eau à + 40 degrés centigrades, la solution offre encore le pouvoir *émulsif* que j'ai découvert dans ce fluide à l'état normal. — Enfin, il résulte de mes nombreux essais comparatifs sur diverses espèces d'albumines mélangées avec de l'huile, du saindoux, du beurre ou du suif, que les émulsions ainsi obtenues n'ont rien de comparable, sous le rapport de la perfection et de la durée, avec celles qui proviennent du liquide séminal.

Il est présumable qu'une pareille propriété, dans ce liquide, se rattache à certaines conditions encore inconnues de l'acte générateur.

et le véhicule. Non-seulement ils varient beaucoup, dans les diverses espèces animales, pour la quantité et pour le nombre ou la nature des organes qui les sécrètent, mais encore ils sont remplacés, chez quelques animaux, par d'autres liquides qui ont ordinairement une destination différente. Ainsi Prévost et Dumas ont fait observer (1) que, chez la grenouille commune, les canaux efférents des testicules allant s'ouvrir dans les uretères, l'urine sert ici à diluer la semence et remplace les humeurs fournies, chez les mammifères, par les divers appareils connus sous les noms de prostate, glandes de Cowper, etc.

Quant au sperme proprement dit, il renferme une partie fluide, quelques globules analogues aux globules muqueux, des granules élémentaires quelquefois très brillants, et, par-dessus tout, une innombrable quantité de corpuscules mouvants, filiformes, qui constituent presque entièrement l'humeur produite par le testicule, et lui donnent, par leur abondance, sa ténacité et sa consistance visqueuse. Ces corpuscules mouvants sont l'élément caractéristique du sperme, et paraissent être l'élément réel de la fécondation. Ils existent chez tous les animaux; on les trouve toujours incorporés à l'œuf fécondé; leur absence rend la fécondation impossible. C'est indiquer assez leur importance, et justifier le soin que nous allons apporter dans l'étude de leur forme, de leurs propriétés, de leur développement et de leur nature.

Des spermatozoïdes.

Louis Hamm, jeune étudiant allemand, vit le premier, en août 1677, dans le sperme humain, des filaments qu'il regarda comme des animaux vivants, et les montra à Leeuwenhoek. Celui-ci, habitué aux observations microscopiques, les étudia attentivement chez l'homme et chez plusieurs animaux, puis communiqua cette découverte à la Société royale de Londres, au mois de novembre de la même année. La description de Leeuwenhoek (2) parut, pour la première fois, dans les *Transactions philosophiques* (déc. 1677; janv. et févr. 1678). N. Hartsœker (3) prétendit avoir vu ces petits animaux dès 1674; mais il ne les décrivit dans le *Journal des savants* qu'en 1678. D'ailleurs, personne ne donna sur eux autant de détails que Leeuwenhoek; et, depuis ses observations jusqu'aux dernières recherches qu'on a entreprises de nos jours à leur sujet, aucune œuvre intéressante n'était venue éclairer d'un nouveau jour l'histoire de ces singulières productions. Si l'on en excepte le mémoire dans lequel Gleichen (4) les compare à des infusoires, il faut arriver à Prévost et Dumas (5) pour voir commencer une série de travaux sérieux sur la signification de ces corpuscules et la manière dont ils se développent : nous aurons bientôt à apprécier plusieurs de ces travaux, et à donner notre opinion sur les résultats auxquels ils ont conduit leurs auteurs.

Les *spermatozoïdes* sont des éléments organiques, en général filiformes, n'ayant ni structure ni organisation apparentes; doués d'un mouvement propre; se trouvant constamment, à l'époque du rut, dans la semence de tous les animaux; se formant directement par le développement de noyaux ou de contenus de cellules,

(1) *Ann. des sciences nat.*, t. I, p. 278.
(2) *Opera omnia*, t. I.
(3) *Prœven der Doorsichtkunde seu specimina Dioptrices*, p. 223.
(4) *Abhandlungen über die Saamen- und Infusionsthierchen*. Nuremberg, etc., 1778.
(5) *Ann. des sciences nat.* Paris, 1824, t. I.

mais ne se reproduisant pas ; constituant, enfin, selon toute probabilité, la partie fécondante du sperme.

Ces éléments de reproduction, connus d'abord sous le nom de *petits animaux* ou de *petits vers spermatiques*, furent successivement désignés par les dénominations d'*animalcules spermatiques*, de *zoospermes*, de *filaments spermatiques*, de *spermatozoaires*. A toutes ces dénominations, dont plusieurs ont l'inconvénient de préjuger la nature même des corpuscules qui nous occupent, nous préférons celle de *spermatozoïdes*, introduite dans la science par Duvernoy (1).

Les spermatozoïdes de l'homme sont formés, comme ceux d'un grand nombre d'animaux, d'une partie renflée à laquelle on a donné le nom de corps ou de tête, et d'un filament qu'on a désigné généralement sous le nom de queue. La tête est ovoïde, un peu aplatie. La queue, faisant suite à la grosse extrémité du corps, et assez épaisse à son origine, s'amincit à mesure qu'elle s'en éloigne, et se termine par un filament très délié. Un grossissement de trois à quatre cents fois est nécessaire pour laisser apercevoir les contours délicats de ces corpuscules. En effet, leur longueur totale est seulement de $\frac{1}{20}$ de millimètre, et le grand diamètre de la tête n'excède pas $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{200}$ de millimètre. Ils sont plus grands dans d'autres espèces animales ; et bien que, chez la plupart des mammifères, leur forme soit analogue à celle des spermatozoïdes de l'homme, on peut dire néanmoins que, dans les classes, les genres et même les diverses espèces, ils offrent dans leur aspect des différences notables. Ces variations sont assez sensibles pour que plusieurs naturalistes aient rangé tous les spermatozoïdes connus dans les cadres d'une classification analogue aux classifications des espèces animales. Nous exposerons bientôt les raisons qui nous font rejeter à la fois l'opinion de leur animalité, et la possibilité de les classer comme de véritables animaux. Il est bon pourtant de constater la diversité des formes qu'ils nous présentent dans les différentes espèces, quoiqu'au fond on ne doive pas peut-être attacher à cette diversité une grande importance. R. Wagner (2) a signalé, depuis plusieurs années, les plus remarquables de ces différences chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les poissons et les invertébrés.

s'être assuré qu'en sept à huit minutes ils peuvent parcourir environ deux centimètres.

Le mouvement des spermatozoïdes paraît être produit par les ondulations de la queue. Il cesse après peu d'instants, sous l'influence d'une température trop élevée ou du desséchement, et aussi sous l'influence du froid et de la congélation ; seulement les animalcules sont susceptibles de reprendre leurs mouvements, si le liquide coagulé est ramené à la température ordinaire. La démonstration de ce dernier fait appartient à Godard (*). Si l'on a soin d'entretenir la fluidité du milieu dans lequel s'agitent les corpuscules spermatiques et de maintenir sa température au même degré que celle du corps, on peut en prolonger la durée pendant un temps très long. Ainsi Godard (1) les a vus persister plusieurs fois quarante-huit heures, une fois soixante et douze heures, une autre fois quatre-vingt-deux heures. D'après cet observateur, qui a toujours eu le soin de conserver dans des vases bien fermés le liquide sur lequel il expérimentait, la durée des mouvements des animalcules serait en rapport avec l'état de vigueur et de santé des hommes qui ont fourni la semence; et, quand la durée de ces mouvements se prolonge, elle indiquerait une aptitude plus grande à féconder. Dans une goutte de sperme épais, extraite du canal déférent, les spermatozoïdes, accumulés et comprimés par leur masse même, se meuvent avec lenteur : mais si l'on étend cette goutte, par exemple avec du sérum du sang, leur mouvement devient plus vif et continue plus longtemps. La durée des mouvements paraît varier dans les diverses espèces animales (**). Chez les mammifères et chez l'homme, R. Wagner (2) dit les avoir observés encore après vingt-quatre heures.—Si, au lieu de faire ces recherches sur du sperme fourni par l'éjaculation ou extrait des organes mâles, on va recueillir les spermatozoïdes dans les organes mêmes où ils sont normalement introduits, et où leur conservation doit être par conséquent mieux assurée, on reconnaît que leur faculté motrice persiste bien au delà du terme précédent. Plusieurs observateurs ont acquis cette certitude en examinant du sperme trouvé dans le vagin, et surtout dans l'utérus et dans les trompes de Fallope. Leeuwenhoek (3) pensait que les spermatozoïdes peuvent se mouvoir dans ces organes durant plus de huit à dix

(*) « Le 18 janvier 1855, dit cet observateur, j'ai constaté que le refroidissement peut amener » la cessation momentanée des mouvements des spermatozoaires ; pour cela, j'ai fait l'expérience » suivante. J'ai examiné au microscope du sperme récemment éjaculé ; il renfermait des animalcules » doués de mouvement ; j'ai fait congeler ce liquide, puis j'ai examiné une gouttelette provenant du » petit glaçon : elle renfermait des animalcules immobiles. J'ai fait chauffer la plaque, et bientôt » quelques animalcules ont repris leur mobilité. L'expérience, répétée plusieurs fois, a toujours » donné le même résultat. » (*Études sur la monorchidie et la cryptorchidie chez l'homme*. Paris, 1857, in-8, p. 34, note 1.)

(1) *Ouvr. cit.*, p. 34, note 1.

(**) E. Godard n'a jamais trouvé d'animalcules doués de mouvement dans le liquide extrait des canalicules spermatiques de l'homme, même chez des suppliciés et chez des individus morts par accident ; au contraire, il en a trouvé presque constamment dans le contenu de ces canalicules chez les animaux, même longtemps après la mort. Une fois seulement, sur un supplicié, il a vu des spermatozoïdes en mouvement, dans les canaux déférents et les épididymes, trente-huit heures après la décapitation. Ayant répété la même recherche *cinquante-quatre heures* après la mort d'un autre individu décapité, il a pu apercevoir un spermatozoïde doué de mouvement dans le liquide pris dans le canal déférent. — Chez les animaux, les mouvements des spermatozoïdes persistent très longtemps dans l'épididyme et dans les canaux déférents : ainsi le même observateur a vu des animalcules se mouvoir dans le sperme recueilli à la tête de l'épididyme, chez un taureau, *soixante-deux heures* après la mort de l'animal. (*Ouvr. cit.*, p. 34, note 1, et p. 64, note 2.)

(2) *Ouvr. cit.*, p. 25.

(3) *Opera omnia*, 1722, t. I, p. 150.

jours. Prévost et Dumas (1) ont vu des spermatozoïdes se mouvant encore, dans les trompes de chiennes, sept jours après le coït; Bischoff (2) a observé le même phénomène, dans les trompes de lapines, huit jours après l'accouplement.

L'influence de divers agents se fait sentir d'une manière très marquée sur la faculté motrice des corpuscules spermatiques. Nous avons dit que le froid ou une température trop élevée anéantissent assez rapidement cette faculté. On savait que le même effet résulte de l'action des acides. Prévost et Dumas (3) ont vu que tout mouvement cesse dans les spermatozoïdes soumis à quelques décharges d'une bouteille de Leyde : au contraire, d'après les mêmes observateurs, les mouvements persistent après le passage d'un courant galvanique continu qui ne donne point de secousse; seulement, dans les portions rapprochées du pôle positif, ces corpuscules deviennent bientôt immobiles, ce qui paraît tenir uniquement à l'action des acides qui se produisent à ce pôle. Le mucus et la salive ne nuisent pas à leurs mouvements. Il en est de même, d'après Donné (4), du sang (*), du lait, du pus (**), et même de l'urine, d'après R. Wagner (5). Mais, selon les observations de Prévost (6), et les expériences plus complètes de Wagner (7), l'acide cyanhydrique les arrête instantanément; la strychnine les fait cesser, après leur avoir imprimé une perturbation en quelque sorte convulsive ; les solutions d'opium, de laurier-cerise, et, en général, de tous les narcotiques, les arrêtent rapidement; l'alcool et les acides étendus exercent aussi sur eux une influence nuisible. Enfin, il paraît en être de même, d'après les intéressantes recherches de Donné (8), du mucus vaginal et du mucus utérin, lorsque l'acidité du premier et l'alcalinité du second sont beaucoup plus prononcées que dans l'état normal (***).

Cette apparence de spontanéité dans les mouvements des corpuscules spermatiques, l'action de l'électricité, des narcotiques, des acides, qui, en frappant ces corpuscules d'immobilité, semble les priver de la vie, tels sont les arguments les plus sérieux présentés par les physiologistes qui soutiennent l'opinion de l'animalité des spermatozoïdes. Les autres motifs sur lesquels se fonde encore cette opinion, déjà émise par Leeuwenhoek, adoptée par Spallanzani et même par des auteurs contemporains, sont d'une bien moindre valeur. Ils consistent seulement en certaines particularités de structure ou d'organisation qu'aucune observation attentive n'a pu justifier encore. D'ailleurs, loin d'accorder aux prétendus ani-

(1) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. III, p. 122.
(2) MULLER'S *Archiv*, 1841, p. 16.
(3) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. I, p. 288.
(4) *Nouvelles expériences sur les animalcules spermatiques*. Paris, 1827. — Et *Cours de microscopie complémentaire des études médicales*. Paris, 1844, p. 287.

(*) E. GODARD a constaté que le sang des règles augmente la motilité des animalcules : ceux-ci font les mouvements les plus désordonnés au milieu des globules sanguins, qu'ils déplacent et jettent dans tous les sens en se frayant une route au milieu d'eux. (*Note communiquée.*)

(**) Le pus sécrété par les organes génitaux malades ne paraît pas avoir une influence fâcheuse sur les animalcules, au dire de GODARD, qui a eu l'occasion d'examiner du sperme éjaculé par des malades affectés d'uréthrite aiguë ou chronique. (*Ouvr. cit.*, p. 73, note 1.)

(5) *Ouvr. cit.*, p. 24.
(6) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*. Paris, 1840, 30 novembre.
(7) *Ouvr. cit.*, p. 23.
(8) *Cours de microscopie*, p. 291.

(***) Le liquide leucorrhéique, selon GODARD, fait cesser assez rapidement les mouvements des spermatozoïdes; l'*eau seule*, ou additionnée d'une faible quantité de vinaigre, agit de même. Cet auteur pense que l'on peut expliquer ainsi l'infécondité de bien des femmes, et surtout de celles qui font des injections vaginales après les rapprochements sexuels. (Note communiquée.)

malcules du sperme l'importance que leur assignaient les premiers observateurs qui proclamèrent leur animalité, et de reconnaître en eux des animaux déjà formés auxquels il manque seulement de se développer pour reproduire l'espèce, la plupart des partisans actuels de l'animalité des spermatozoïdes assimilent ces corpuscules mouvants aux entozoaires, ou bien aux animaux microscopiques qui fourmillent dans les infusions ou dans les matières putréfiées. —Quoi qu'il en soit, voici les principaux faits invoqués par eux.

Sans rappeler l'opinion d'Ehrenberg, qui a placé les spermatozoïdes parmi les microzoaires suceurs, ni celle de Czermak (1), qui, en les faisant rentrer dans les infusoires, les a considérés comme de véritables animaux, et classés les uns dans les vibrionides, les autres dans les cercaires, etc.; nous dirons d'abord que G. Valentin (2) croit avoir reconnu des traces d'organisation chez les spermatozoïdes de l'ours : un suçoir antérieur, un anus et des vésicules stomacales ou des circonvolutions d'intestin. Gerber (3) assure avoir distingué des organes de génération dans les spermatozoïdes du cabiai. Schwann (4) prétend qu'il existe, au centre de la tête des spermatozoïdes de l'homme, une ventouse ou un suçoir analogue à celui des cercaires et des douves. Pouchet (5) ne craint pas d'assurer qu'il s'y trouve, en avant une sorte de ventouse stomacale, en arrière une circonvolution intestinale faisant suite à ce premier organe. Il ne met pas en doute non plus que toute la surface des spermatozoïdes ne soit recouverte d'un feuillet épithélial.

Répétons qu'on n'a pu parvenir jusqu'ici à vérifier aucune de ces assertions, et à découvrir la moindre trace d'organisation dans les spermatozoïdes.

Il est inutile d'ajouter qu'on a voulu encore voir, dans les spermatozoïdes, des modes de reproduction comparables à ceux des animaux auxquels on les assimilait : les uns disent avoir observé chez eux la scissiparité, les autres le bourgeonnement; de là de nouveaux arguments en faveur de leur animalité. On doit expliquer, seulement par l'inexpérience la plus complète, l'erreur dans laquelle de grossières illusions ont pu jeter des observateurs dont il est inutile de citer les noms. C'est au contraire du mode de production des spermatozoïdes que nous déduirons l'opinion qu'on doit se former de la nature de ces corpuscules. Jamais on n'a découvert en eux aucun mode de reproduction, ni par scission, ni par gemmes, ni par œufs. Voyons donc comment ils se forment dans l'organe mâle : nous commencerons ainsi à nous faire une idée du rôle qu'ils sont appelés à remplir dans la fécondation.

Origine des spermatozoïdes. — Les opinions émises sur ce sujet ont été très diverses, car elles étaient suggérées par l'idée que chacun se faisait de la nature des corpuscules spermatiques. Des observations précises et nombreuses ne permettant plus aujourd'hui le doute sur la manière dont les spermatozoïdes se développent, nous éviterons les longueurs d'une discussion, devenue inutile, en exposant tout d'abord leur mode de formation. Ensuite il nous sera facile de juger, en quelques mots et avec pleine connaissance de cause, les divergences des auteurs à cet égard, et leurs diverses hypothèses sur la nature et la destination des filaments du sperme.

(1) *Beiträge zur Lehre von den Spermatozoen.* Vienne, 1833.
(2) *Nova Acta naturæ curios.*, t. XIX, p. 237. — *Repertorium*, 1837, p. 134.
(3) *Allgemeine Anatomie*, p. 210.
(4) *Mikroscopische Untersuchungen.* Berlin, 1839.
(5) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation.* Paris, 1847, p. 321.

On doit à R. Wagner (1) les premières observations exactes sur la genèse des spermatozoïdes. Ses recherches ont porté sur les oiseaux, et notamment sur les passereaux. A l'approche du printemps, les testicules de ces animaux se gonflent graduellement et atteignent un volume et un poids vingt et trente fois plus considérables que ceux qu'ils avaient en hiver. En examinant, dans ces circonstances favorables, le contenu des conduits séminifères, chez le grimpereau, Wagner y a reconnu les éléments suivants, dont il a donné le dessin et la description. Dans ces canaux, se trouvent d'abord des globules de grandeur et de forme différentes, à contenu granuleux ou transparent, avec un noyau à leur centre ; puis apparaissent des vésicules rondes, transparentes, ne renfermant d'abord qu'un nucléus granulé, analogue aux premiers globules libres, puis deux ou trois, et enfin dix ou un plus grand nombre, semblables au précédent. Ces vésicules augmentant de volume, on voit se manifester, dans leur intérieur, un précipité fin et granuleux qui s'interpose aux noyaux dont nous venons de parler ; en même temps que ceux-ci s'évanouissent, se forme un groupement linéaire que bientôt on reconnaît pour un faisceau de spermatozoïdes. Les vésicules s'allongent, leur contenu granuleux diminue peu à peu et finit par disparaître ; alors elles sont remplies par un faisceau de spermatozoïdes replié sur lui-même. Bientôt elles se rompent, et les corpuscules spermatiques passent librement dans le canal déférent, où ils se dissocient et paraissent acquérir un volume plus considérable.

Ces observations étaient exactes, mais incomplètes. R. Wagner avouait lui-même, en les publiant, qu'il est difficile de décider si les globules observés dans le principe sont de nouveaux éléments ou des cellules de l'épithélium modifiées ; s'ils se transforment en ces grandes vésicules qui leur succèdent, ou s'ils suivent une autre marche ; si le précipité granuleux de ces vésicules est le résultat de la décomposition des *nuclei*, ou s'il provient d'une formation nouvelle ; enfin si les spermatozoïdes naissent de cette substance granulée, ou s'ils se développent dans son intérieur.

Lallemand (2) a élucidé plusieurs points de cette obscure question, par ses observations sur les corpuscules spermatiques d'un grand nombre d'animaux, par ses études sur le sperme de l'homme, dans l'état de santé ou dans l'état de maladie, et surtout par ses recherches sur le développement des spermatozoïdes de la raie.

A l'époque du frai, qui a lieu au commencement d'avril, les testicules de la raie deviennent plus turgescents ; leur face supérieure est convexe, inégale et comme tuberculeuse ; on y voit proéminer des mamelons blanchâtres et granuleux, formés par des agglomérations d'ampoules sphériques qui sont elles-mêmes les terminaisons des conduits sécréteurs du testicule, et chacun de ces mamelons est composé d'une centaine d'ampoules. Parmi ces ampoules, les unes, beaucoup plus petites, sont complétement vides et diaphanes dans tous les points, aucun travail n'a commencé à se manifester dans leur intérieur ; d'autres laissent apercevoir une foule de granulations diaphanes qui tapissent la face interne de leur paroi ; dans quelques autres, ces granulations, devenues opaques, commencent à se grouper vers le centre, puis des groupes distincts se forment et finissent par s'isoler les uns des

(1) *Histoire de la génération et du développement*. Bruxelles, 1841, p. 26. — *Icones physiologicæ* du même auteur. Leipsick, 1839.

(2) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, t. XV, p. 30, 257, 262.

autres (fig. 44, *a*) ; enfin ces groupes eux-mêmes, augmentant de volume, remplissent toute l'ampoule. A ce moment, les spermatozoïdes sont développés et prêts à passer dans le canal spermatique.

Si l'on examine le contenu de ces ampoules, à leurs divers états, on remarque, dans celles qui commencent à devenir opaques et dont les granulations se groupent, qu'il existe, dans chacun des groupes granulés, des spermatozoïdes isolés les uns des autres (fig. 44, *b*), roulés sur eux-mêmes et renfermés dans une vésicule à paroi tellement délicate, qu'elle s'évanouit au contact de l'air et surtout à celui de l'eau. La fragilité de cette vésicule est d'autant plus grande, que les spermatozoïdes sont plus près de leur maturité. Dans les ampoules plus avancées, les spermatozoïdes se déroulent de plus en plus, puis se réunissent en fascicules nombreux : on les trouve groupés ainsi dans les ampoules qui sont arrivées au degré de développement reproduit par la fig. 44, *a*. Paraissant d'abord adhérents à la face

Fig. 44. — *Développement des spermatozoïdes de la raie.*

interne de l'ampoule et contenus dans une vésicule, les filaments spermatiques, devenus libres, se déroulent successivement, et commencent à se réunir en fascicules, à mesure qu'ils se redresssent. Ils forment des faisceaux plus nombreux, plus serrés encore, quand ils sont tout à fait redressés. C'est dans cet état (fig. 44, *c*) qu'ils parcourent tout le canal déférent, acquérant seulement des dimensions à peu près doubles et des mouvements de plus en plus prononcés, malgré leur état d'agrégation. Enfin leur dissociation (fig. 44, *d*) s'effectue, lorsqu'ils arrivent dans la vésicule séminale, probablement à l'aide du liquide fourni par cet organe.

En même temps que Lallemand, E. Hallmann (1) fit, sur le même sujet, des observations dont les résultats s'accordent avec ceux que nous venons de rapporter. Il reconnut aussi que chacun des spermatozoïdes se développe dans une vésicule, et qu'il y demeure enfermé jusqu'au moment où, rompant cette première enveloppe par l'effet de son développement, il se rapproche des spermatozoïdes voisins pour former avec eux des faisceaux plus ou moins volumineux, qui bientôt s'engagent dans le canal déférent.

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1840, p. 467.

Mais Kölliker (1), qui a également reconnu que chaque spermatozoïde se développe en effet dans une vésicule, a contribué, plus qu'aucun autre observateur, à déterminer le vrai mode de formation des corpuscules spermatiques, en décrivant avec détail toutes les phases de ce phénomène, et en le généralisant par ses nombreuses recherches sur les animaux de toutes les classes.

L'épithélium de la surface des canaux spermatiques paraît être la source de cette formation. Ainsi, chez l'*Helix pomatia*, Kölliker (2) a vu, dans les tubes séminifères, des cellules épithéliales volumineuses, sphériques, granulées, renfermant plusieurs vésicules tout à fait semblables à celles dans lesquelles se développent les spermatozoïdes. Lorsque la cellule épithéliale est détachée du point où elle s'était formée, les vésicules précédentes paraissent s'en échapper et se multiplier; car on les trouve encore quelque temps groupées autour des vestiges racornis de cette sorte de cellule mère. Quoi qu'il en soit, on rencontre plus tard, à l'extrémité des conduits séminaux, chez les mammifères, comme dans les autres classes, des globules à noyaux, libres ou contenus dans des vésicules. Il est probable qu'ils sont tous normalement et primitivement contenus dans des vésicules. Si ces dernières ont échappé à la plupart des observateurs et sont parfois difficiles à apercevoir sous le microscope, cela tient sans doute à ce qu'elles sont très fragiles, et à ce que l'action de l'eau suffit pour les faire éclater instantanément. Ces vésicules seraient d'ailleurs sorties elles-mêmes de la cellule épithéliale dans laquelle elles auraient été engendrées. Quant aux globules que l'on observe avant le développement des spermatozoïdes, ils possèdent tous un corpuscule ou noyau : Kölliker désigne ces globules eux-mêmes sous le nom de noyaux, et leur corpuscule intérieur sous celui de nucléole. Il les a trouvés chez tous les mammifères dont il a étudié le sperme, chez le chien, le chat, le lapin, le rat, etc.

Tantôt un seul globule se trouve dans une des vésicules précédentes, et il en remplit la cavité; tantôt plusieurs de ces globules, depuis deux jusqu'à vingt, sont contenus ensemble dans une vésicule dont le volume est alors en rapport avec le nombre des éléments qu'elle renferme. G. Valentin (3) a constaté cette disposition chez l'ours; R. Wagner (4), chez l'homme et chez le lapin; Coste (5), chez la raie et les céphalopodes. Nous avons reproduit ici, d'après Kölliker, une des grandes vésicules qui se trouvent dans les tubes spermatiques du lapin. Cette vésicule (fig. 45, A) renferme cinq globules à noyau, dont l'un a été représenté isolément (fig. 45, *a*). Il est facile de reconnaître ces grandes vésicules, lorsqu'on étudie les produits du testicule à l'époque du rut; les petites, n'étant peut-être qu'un degré de développement des plus grandes, sont alors bien moins nombreuses. Les unes et les autres, comme nous l'avons dit, se détruisent si facilement, qu'il faut procéder avec beaucoup de soin quand on veut les étudier.

Fig. 45.—*Développement des spermatozoïdes du lapin.*

Plus tard, dans chacun des globules que renferment ces vésicules, on voit se

(1) *Die Bildung der Saamenfäden in Bläschen, als allgemeines Entwickelungsgesetz*. Neuenburg. 1846.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 10.
(3) *Nova Acta natur. curios.*, t. XIX, p. 1.
(4) *Histoire de la génération et du développement*. Bruxelles, 1841, p. 30.
(5) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847, t. I, p. 424.

développer un spermatozoïde (fig. 45, B, *b*). Est-ce aux dépens du noyau, ou de la substance même du globule, que cette formation se réalise? On l'ignore encore. Seulement, dans chacune des vésicules qui renferment des globules, aussi bien dans celles qui en contiennent un seul que dans celles qui en enveloppent un plus grand nombre, on voit les spermatozoïdes, d'abord assez vaguement limités, revêtir bientôt une forme plus arrêtée, puis offrir un aspect presque entièrement semblable à celui qu'ils doivent présenter au terme de leur développement. A cette époque, les corpuscules spermatiques sont donc contenus dans la vésicule qui renfermait le globule générateur, ou du moins antérieur à leur formation ; de sorte que les uns s'y trouvent solitaires, les autres en nombre variable (fig. 44, B), suivant le nombre des globules que cette vésicule contenait primitivement.

Tout en se formant aux dépens du globule qui le produit, le spermatozoïde reste emprisonné dans la membrane qui limite ce globule ou son contenu, de manière que chacun de ces filaments se trouve dans une véritable vésicule, qui lui est particulière (fig. 45, *b*), et qui est renfermée elle-même dans la vésicule commune (fig. 45, B).

Dès que le développement des spermatozoïdes est accompli, l'enveloppe de chacun d'eux ne tarde pas à se rompre, et ces corpuscules deviennent libres dans la vésicule qui contenait leurs globules générateurs. Les dispositions qu'ils affectent varient alors suivant le nombre des globules à noyau qui se trouvaient dans chaque vésicule, et, par conséquent, suivant le nombre des spermatozoïdes qui s'y trouvent actuellement. Quand un seul spermatozoïde est renfermé dans une vésicule, il y affecte la même position qu'il avait d'abord dans le globule, c'est-à-dire qu'il y est contourné en spirale (fig. 45, *b*) et adossé contre sa paroi, sans en changer essentiellement la forme. Quand deux ou trois spermatozoïdes occupent une seule vésicule, ils y sont irrégulièrement placés, toujours contre la paroi. Lorsque enfin un nombre considérable de filaments spermatiques est renfermé dans une grande vésicule, ils s'arrangent en faisceau, l'un à côté de l'autre, toutes les têtes tournées du même côté, et d'une manière très régulière.

Peu de temps après, toutes les vésicules, grandes et petites, se rompent et disparaissent, chez l'homme et chez les mammifères, sans laisser de traces, sans former, comme chez d'autres animaux, une espèce de capuchon ou d'enveloppe incomplète aux faisceaux de spermatozoïdes, pendant leur acheminement. Par suite, dans le contenu des canaux de l'épididyme, on rencontre à la fois, et des spermatozoïdes libres, et de longs faisceaux de spermatozoïdes, signalés déjà par Leeuwenhoek, décrits de nouveau dans ces derniers temps par Dujardin, R. Wagner, Gerber, et la plupart des autres observateurs.

Enfin, généralement, la plupart des faisceaux se rompent dans le canal déférent, leurs éléments se dissocient, et il ne reste plus qu'une masse de spermatozoïdes serrés, entrelacés, confondus les uns dans les autres, et n'ayant que des mouvements peu étendus ou insensibles, à cause de leur nombre trop considérable et de la viscosité du liquide trop peu abondant qui les baigne.

Si l'on étudie ces corpuscules eux-mêmes, indépendamment des vésicules dans lesquelles ils se forment, on observe encore que, bien qu'atteignant déjà, dans les conduits séminifères, la forme générale qu'ils offriront plus tard, ils subissent néanmoins dans leur structure certaines modifications, en parcourant les conduits excréteurs de la semence, depuis les tubes spermatiques jusqu'à l'extrémité du

canal déférent et jusqu'aux vésicules séminales. Dujardin (1) avait signalé, sur les spermatozoïdes de l'homme, l'existence de nodules irréguliers et de lambeaux adhérents à la base des filaments : il regardait ces nodules, ces lambeaux, comme des parties détachées, en même temps que le spermatozoïde, du lieu où ce dernier a pris naissance. Kölliker (2) a observé les mêmes particularités chez le lapin et chez quelques autres animaux ; mais il a remarqué que les nodules situés à l'origine de la queue se rencontraient seulement sur les spermatozoïdes contenus encore dans le testicule (fig. 46, *a*, *b*), tandis que ces renflements diminuaient de volume, ou paraissaient avoir changé de place, sur les spermatozoïdes recueillis dans le canal déférent (fig. 46, *c*), et disparaissaient complétement sur les corpuscules spermatiques tout à fait constitués, arrivés à l'extrémité des voies séminales (fig. 46, *d*). Aussi regarde-t-il ces modifications comme un effet du développement de ces particules animées. D'ailleurs, il faut bien se garder de confondre ces renflements avec les apparences de dispositions analogues, produites par la coagulation du mucus, sur divers points de la surface des spermatozoïdes, et occasionnant souvent des illusions dans les observations microscopiques.

Fig. 46. — *Développement des spermatozoïdes du lapin.*

Dans ces derniers temps, le mode de développement des animalcules spermatiques a été l'objet de recherches assidues de la part de Godard (3). Étonné de voir, dans le sperme éjaculé, des spermatozoïdes à queue contournée, ne sachant pas d'ailleurs s'il s'agissait d'une variété nouvelle ou d'animalcules anormaux, cet expérimentateur eut l'idée d'examiner le contenu des différentes parties de la glande séminale. Sur un supplicié, il reconnut que les animalcules à queue repliée, existant d'une manière exceptionnelle dans le liquide éjaculé, se trouvaient en grand nombre dans le canal déférent, dans l'épididyme et au niveau du corps d'Highmore ; mais que, dans ce dernier point, le plus souvent des spermatozoïdes faisaient partie de petites cellules à contenu granuleux. E. Godard fut ainsi amené à assigner aux spermatozoïdes de l'homme le mode de développement qui suit :

Dans le liquide que renferment les canalicules spermatiques, existent au milieu d'un stroma granuleux (fig. 47, *a*) des cellules volumineuses sphériques (*b*), dont le contenu, composé de granules, ne se segmente pas, mais se condense pour former, chez l'homme, une petite cellule (*c* et *d*) et chez les animaux plusieurs petites cellules. Celles-ci sont également composées de granules. Les granules qui constituent l'ensemble de la petite cellule se rapprochent dans un point quelconque de sa périphérie, pour former tout d'abord un amas de granules qui sera la tête de l'animalcule (*f*) ; puis ensuite d'autres granules se condensent pour former la queue (*g*). Ainsi, l'animalcule ne se développe pas tout d'une pièce, mais la tête est formée avant la queue. — Puis, la grande cellule se rompt, et la petite cellule est mise en liberté. De même, quand l'animalcule est développé, la petite cellule se rompt à son tour (*i*). Le spermatozoïde est entraîné dans le liquide qui remplit les canalicules du testicule ; mais alors il n'a pas l'aspect qu'il

(1) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1837, t. VIII, p. 293.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 15.
(3) *Études sur la monorchidie et la cryptorchidie chez l'homme*. Paris, 1857, p. 57, note 1.

aura plus tard, la queue est repliée (*j*) en anneau ou recourbée ; bientôt elle se déplie (*k*) et prend la position qu'elle aura plus tard (*l*), alors l'animalcule commence à faire les mouvements qui lui sont propres. — En général, les animalcules de l'homme ne se meuvent que lorsqu'ils sont complétement formés. Ceux des animaux peuvent faire des mouvements avant d'être tout à fait développés.

Fig. 47. — *Développement des spermatozoïdes chez l'homme*, d'après E. Godard (*).

Depuis 1854, Godard a fait de pareilles recherches chez le singe, l'ours, le verrat, le chat, le rat, le lapin, le cochon d'Inde, le lièvre, l'isard, le taureau, le bélier, le hérisson, la taupe, le crapaud, la grenouille, la couleuvre, le lézard, le coq, le canard, l'oie, le pigeon, le lucane, la sauterelle, et il a constaté que, chez ces animaux, le développement des spermatozoïdes se faisait à peu de chose près comme chez l'homme.

Nature et destination des spermatozoïdes. — On voit, d'après ce qui précède, que les spermatozoïdes se forment dans des cellules appartenant au tissu propre du testicule et détachées de la surface interne des canaux spermatiques. Ce sont des produits directs de l'organisme, sinon sécrétés par l'organe générateur mâle, du moins se séparant de lui, sous une forme animée qui témoigne de leur activité vitale et de leur puissance de développement. Ils ne présentent donc, par ce mode même de formation, aucune analogie avec les infusoires, les entozoaires ou d'autres parasites quelconques. En un mot, l'origine des spermatozoïdes, telle que nous venons de la décrire, ne permet plus d'admettre dans la science la supposition que ces corpuscules sont de véritables animaux.

Cette supposition s'était présentée à l'esprit des premiers observateurs. Leeuwenhoek, qui désignait ces éléments organiques sous le nom de *vers*, pensait qu'il existe des vers spermatiques de l'un et de l'autre sexe, qu'ils s'accouplent entre eux, que les femelles mettent bas, qu'ils s'accroissent, changent de peau, et présentent en petit la véritable figure d'un homme. Hartsœker partageait cette opinion. Haller (1), frappé de leurs mouvements, considérant que ces mouvements, une fois perdus, ne se reproduisent plus, vit lui-même

(*) Explication de la figure 47. — *a*. Granules spermatiques. — *b*. Grande cellule formée de granules spermatiques. — *c*. Grande cellule contenant une petite cellule. — *d*. Grande cellule contenant une petite cellule dans laquelle un animalcule est en voie de formation. — *e*. Petite cellule ne contenant pas d'animalcule. — *f*. Petite cellule dans laquelle on voit un amas granuleux qui sera la tête de l'animalcule. — *g*. Petite cellule dans laquelle l'animalcule est en voie de formation. — *h*. Petite cellule dans laquelle on aperçoit l'animalcule plus développé encore. La queue est toute formée. — *i*. Petite cellule rompue ; la queue de l'animalcule se déplie, et, à sa concavité, on voit les granules spermatiques mis en liberté. — *j*. Animalcule non complétement déplié. — *k*. Spermatozoïde dont la tête est bien formée, mais dont la queue est encore repliée. — *l*. Spermatozoïde normal.

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 529.

dans les spermatozoïdes des animaux vivants; mais, en même temps, il regarda les assertions de Leeuwenhoek comme de simples conjectures, et, loin d'admettre avec lui qu'ils sont déjà l'embryon futur, ou, comme l'ont fait des physiologistes plus récents, qu'ils sont de simples parasites, il se contenta de les considérer, avec Paitoni (1), comme des *animaux essentiels à la semence.*

D'un autre côté, Buffon, faisant servir la découverte de Leeuwenhoek à l'édification de son système, vit (2), dans les spermatozoïdes, ces espèces d'atomes vivants qu'il avait désignés du nom de *molécules organiques.* Il assura que des molécules identiques se produisent lorsqu'on fait infuser la substance testiculaire d'un cadavre, et les assimila à celles qui résultaient, d'après lui, de la putréfaction; puis, de même qu'il expliquait, à l'aide de ces dernières, la formation d'animalcules nouveaux par génération spontanée, de même il regarda ces molécules organiques, se détachant normalement du testicule, comme les éléments de la reproduction, dans la génération sexuelle. Mais Haller (3), en faisant la critique de cette hypothèse, remarqua très judicieusement qu'on ne peut s'attendre à observer, dans la semence récente et chaude, les mêmes phénomènes qu'on voit se produire dans l'infusion d'un testicule privé de vie, et il en déduisit que cette prétendue ressemblance entre les molécules organiques et les vers spermatiques n'est tout au plus qu'une apparence; qu'ainsi Buffon s'était trompé en faisant un tel rapprochement.

Depuis cette époque, les expériences d'un grand nombre d'observateurs (parmi lesquels il faut citer surtout Spallanzani, tout partisan qu'il est de l'animalité des spermatozoïdes, Prévost et Dumas, Wagner, Lallemand, Kölliker, Coste) ont démontré à la fois le peu de fondement qu'il y a à attribuer le privilége de l'animalité aux corpuscules du sperme, et l'importance de leur rôle dans la fécondation. L'opinion dans laquelle on les regarde comme de véritables animaux ne peut guère reposer aujourd'hui que sur la singularité de leurs mouvements. Mais la motilité ne suffit pas pour caractériser un animal. Tous les animaux connus non-seulement se meuvent, mais se reproduisent et digèrent. Or, on n'a jamais vu les spermatozoïdes se reproduire entre eux; nous venons de décrire la manière dont ils prennent naissance. On ne les a jamais vus non plus digérer, ou seulement absorber, quelque soin qu'on ait mis à découvrir en eux ces fonctions, en teignant de diverses matières colorantes le liquide ambiant, comme Ehrenberg avait enseigné à le faire pour découvrir l'organisation des infusoires.

Après leur mode d'origine et l'absence de toute organisation, le plus fort argument contre l'animalité des spermatozoïdes se tire de la relation qui existe entre leur présence dans le sperme et l'aptitude de la semence à la fécondation.

Hebenstreit, Ch. Bonnet, Gleichen, n'ont jamais trouvé de spermatozoïdes chez le mulet. Prévost et Dumas (4), et plus récemment E. Godard, les ayant recherchés sur des mulets en chaleur, n'en ont rencontré aucun dans toute l'étendue des organes de la génération : le liquide renfermé dans le testicule et le canal déférent contenait seulement des globules, qui nous paraissent être des cellules d'épithélium. Wagner (5) a répété ces recherches sur les bâtards d'oiseaux, qui

(1) *Disc. academ. della generazione dell'uomo.* Venise, 1722, p. 22.
(2) Voyez plus haut, p. 633.
(3) *Elementa physiologiæ.* t. VII, p. 528.
(4) *Ann. des sciences nat.*, t. I, p. 183.
(5) *Histoire de la génération et du développement*, p. 32.

sont généralement stériles comme les mulets : chez un grand nombre, il n'a trouvé que des globules ou corpuscules, de volume variable ; chez quelques-uns, il a vu des espèces de filaments qu'il a cru pouvoir rapporter à une production imparfaite de spermatozoïdes, ceux-ci offrant d'ailleurs un aspect tout différent de celui que présentent les mêmes éléments chez les espèces naturelles.

Si des mulets, naturellement stériles pendant toute leur vie, nous passons aux animaux capables de se reproduire, nous observerons d'abord que, chez ces derniers, le pouvoir reproducteur n'existe pas à toutes les époques de la vie ; que même, chez le plus grand nombre, il ne se manifeste qu'à des intervalles déterminés, pendant un laps de temps assez court, et disparaît dans certaines saisons. Or, chez les uns comme chez les autres, on ne trouve de spermatozoïdes dans la semence, ou dans les organes qui l'élaborent, qu'à l'époque où existe la puissance fécondante.

Hartsœker (1), Geoffroi (2), Andry (3), avaient remarqué les premiers qu'il n'y en a pas chez l'enfant. Leeuwenhoek n'en avait pas trouvé chez les jeunes agneaux, et, à leur place, il avait signalé de petits corpuscules comme le seul élément solide qu'on pût découvrir dans leur semence. Le même observateur et Baker (4) n'en avaient pas rencontré davantage chez les hommes épuisés par des excès vénériens. Toutes ces observations ont été confirmées de nos jours. Il est constant que les spermatozoïdes n'apparaissent, dans la semence de l'homme, qu'à l'époque de la puberté.

On a encore reconnu que ces corpuscules n'ont pas toujours la même énergie, la même densité, les mêmes dimensions, depuis le moment où ils commencent à se rencontrer dans le testicule. Ils peuvent être plus ou moins nombreux, très rares, remplacés par des produits incomplets, par des globules ovoïdes ou sphériques, et même manquer totalement chez certains malades (*). Lallemand (5) a signalé toutes les variations qu'on leur voit subir en quantité, en forme, ou en dimension, chez les individus affectés de pertes séminales. Enfin il est généralement admis qu'ils disparaissent complétement chez l'homme par les progrès de l'âge. Toutefois Duplay (6), ayant examiné le fluide séminal chez 51 vieillards, y a trouvé 37 fois des spermatozoïdes normaux et en assez notable quantité : parmi ces 37 sujets, il y avait 8 sexagénaires, 20 septuagénaires et 9 octogénaires. Bien plus, parmi les 7 sujets dont les spermatozoïdes étaient aussi abondants que chez l'adulte, le moins âgé avait 73 ans et le plus âgé en avait 82.

Les animaux domestiques ne possèdent des spermatozoïdes qu'à l'époque de la puberté, c'est-à-dire au commencement de la période reproductive de leur existence, et pendant tout le reste de cette période. Chez les animaux sauvages, au contraire, dont la fécondité est intermittente et se renouvelle à des époques à peu

(1) *Essai de dioptrique.* Paris, 1694.
(2) *Quæst. med. an hominis primordia vermes?* Paris, 1784.
(3) *De la génération des vers dans le corps de l'homme.* Paris, 1741, t. I, p. 187.
(4) *The Microscope made easy.* Londres, 1743.

(*) Toutefois E. Godard a constaté que les individus atteints d'ictère et de vérole constitutionnelle éjaculent du sperme abondamment pourvu d'animalcules doués de mouvement. Le même observateur a trouvé des animalcules dans les vésicules séminales d'hommes ayant succombé aux affections suivantes : pneumonie, pleurésie, gangrène du poumon, phthisie, fièvre typhoïde, cancer, néphrite albumineuse, péritonite, abcès urineux. (*Ouvr. cit.*, p. 64, note 1.)

(5) *Ann. des sciences nat.* Paris, 1841, 2e série, t. XV, p. 30. — Voyez aussi le *Traité des pertes séminales involontaires* du même auteur. Montpellier, 1841, t. II.
(6) *Rech. sur le sperme des vieillards* (*Arch. génér. de méd.*, 2e semestre, 1852).

près constantes pour chaque espèce, on trouve seulement à ces époques des corpuscules spermatiques dans les testicules : les changements qu'éprouvent chaque fois les produits de ces organes aux approches du rut sont tout à fait semblables à ceux qu'on observe chez l'homme aux approches de la puberté, et l'on voit, pendant toute la durée de ce pouvoir fécondant, les spermatozoïdes se former à l'extrémité des tubes ou des sacs testiculaires, de la même manière qu'ils se développent, en toute saison, chez les animaux domestiques ou dans l'espèce humaine.

L'apparition des spermatozoïdes à l'époque de la puberté, leur retour à l'époque du rut, et leur disparition durant le reste de l'année, sont de graves difficultés pour ceux qui regardent ces corpuscules comme des parasites. Burdach (1), qui s'est posé en défenseur de cette dernière opinion, est obligé d'admettre que le sperme est le liquide le plus putrescible de l'économie, et que, quand il est devenu assez parfait pour être apte à la fécondation, il est en même temps très décomposable et propre à donner naissance à des infusoires (*). D'un autre côté, le même physiologiste s'appuie sur l'observation que les spermatozoïdes se meuvent bien mieux dans le sperme dilué que dans le sperme extrait directement des canaux testiculaires, pour conclure que ces filaments deviennent vivants par l'effet même de cette sorte d'infusion : or, on sait que ces différences tiennent tout simplement à ce que la masse même des spermatozoïdes et la viscosité du liquide qui les unit ne leur permettent pas d'exécuter leurs mouvements avec facilité, tant qu'on ne les a pas isolés par le mélange d'une humeur plus fluide.

Ignore-t-on d'ailleurs que les parasites se développent surtout chez les individus faibles, mal nourris, exposés à l'intempérie des saisons, ou à quelque autre cause débilitante ? Au contraire, ainsi que le fait observer Lallemand (2), les spermatozoïdes n'apparaissent qu'au moment où le corps a pris la plus grande partie de son développement ; ils se reproduisent avec d'autant plus de rapidité, que l'individu est plus robuste, mieux nourri, etc. Quand le rut est dans sa plus grande énergie, chez les animaux, les corpuscules spermatiques sont tellement entassés dans les canaux sécréteurs du testicule, qu'ils y occupent plus de place que le liquide ambiant ; de sorte que la création des spermatozoïdes est, on peut le dire, le résultat essentiel de l'accroissement d'activité de cette glande. Les organes souffrent de la présence des entozoaires, et leur expulsion est toujours suivie d'une amélioration dans les fonctions, dans l'état général de l'économie ; au contraire, le séjour prolongé des spermatozoïdes augmente la force physique et l'énergie morale. L'affaiblissement produit par leur expulsion exagérée devrait suffire, à défaut

(1) *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. I, p. 133.

(*) « Le sperme renfermé dans un vase mal fermé, dit GODARD (*ouvr. cit.*, p. 73, notes 2 et 3), s'altère rapidement, et en général les animalcules perdent leur motilité à mesure que les vibrions se forment. Ceux-ci se développent de la manière suivante. Un temps variable après l'éjaculation, on aperçoit dans le sperme des corps allongés, quelquefois même excessivement longs, qui sont flottants dans le liquide. Plus tard, ces corps, qui ressemblent à des bâtonnets et qui ont été pris pour des animalcules, commencent à décrire quelques mouvements lents ; bientôt on voit qu'ils se segmentent par places, et alors, maintenus par leur enveloppe, et décrivant des zigzags, ils ressemblent assez à ces serpents de bois articulés qui servent de jouet aux enfants. Un peu plus tard, l'enveloppe qui les maintenait se brise, et chaque fragment du vibrion mis en liberté circule librement dans le sperme en décrivant alternativement, soit des mouvements de latéralité, soit des mouvements d'élévation et d'abaissement. — A mesure que le sperme s'altère, les cristaux se forment. Ceux que l'on observe le plus souvent sont des cristaux de phosphate de magnésie, de chlorure de sodium et de carbonate de chaux. »

(2) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XV, p. 67.

d'autres raisons, pour éloigner l'idée de tout rapprochement entre eux et les parasites.

Dans l'état sauvage, non-seulement on ne trouve des spermatozoïdes, chez les mâles, que dans les circonstances où l'on rencontre en eux l'aptitude à la fécondation, mais encore cette aptitude ne se manifeste, les spermatozoïdes ne se développent, qu'au moment où la femelle entre en chaleur et où les œufs arrivent à maturité. Les mêmes causes agissant à la fois et de la même manière sur le mâle et sur la femelle, l'un et l'autre se trouvent disposés en même temps pour la reproduction. Les ovaires et les testicules deviennent, à la même époque, le siége d'un travail actif qui acquiert peu à peu sa plus grande intensité. Il est vrai que l'œuf se forme déjà dans les fœtus femelles, tandis que le sperme commence à se produire chez les mâles, seulement à l'époque de la puberté; mais le développement que prennent les testicules à cette époque, le volume énorme qu'ils acquièrent chez les animaux sauvages au moment du rut, la masse de spermatozoïdes dont ils sont alors gorgés, sont des phénomènes tout à fait comparables à la tuméfaction des ovaires, à la distension des vésicules de de Graaf, au développement des ovules, à leur maturation, à leur chute, chez les femelles en chaleur. Lallemand (1) a exprimé d'une manière très nette les principaux termes de ce rapprochement entre l'ovule et le spermatozoïde.

Les testicules sont manifestement les analogues des ovaires: nous les verrons se développer comme ces derniers, au-dessous des reins, à la partie interne des corps de Wolff; occuper, chez l'embryon, la même place que les ovaires, et affecter les mêmes rapports. Les spermatozoïdes se développent dans leurs cæcums comme les œufs dans le stroma de l'ovaire. Chez certains animaux inférieurs et chez les anguilles, parmi les vertébrés, il n'y a même aucune différence entre l'organisation des deux appareils dans lesquels se forment soit les ovules, soit les spermatozoïdes, de sorte que, pour déterminer s'il s'agit d'un ovaire ou d'un testicule, il faut en avoir examiné les produits au microscope.

Après avoir quitté l'ovaire, les œufs s'enveloppent dans l'oviducte d'une couche d'albumine, et de plus, chez les ovipares, d'une membrane extérieure ou d'une coque; puis leur progression est facilitée par la présence de liquides plus ou moins visqueux, sécrétés par la trompe. Une partie de la sécrétion de ce canal est donc employée à compléter leur développement, l'autre à les isoler et à favoriser leur marche. Il en est de même pour les spermatozoïdes traversant successivement le corps d'Highmore, l'épididyme, le canal déférent, la vésicule séminale et l'urèthre.

Enfin, chez les sèches, les calmars, les hélix, les cyclops, les crabes, les corpuscules spermatiques, au lieu d'être isolés à leur sortie des canaux déférents, sont renfermés dans une sorte de capsule formée autour d'eux par la coagulation d'une matière visqueuse, et connue sous le nom de *spermatophore* ou corps de Needham. Ne doit-on pas reconnaître, dans cette disposition, l'analogue de celle que nous présentent les œufs composés des sangsues, des moules, et d'une multitude d'invertébrés?

L'origine des spermatozoïdes, l'époque à laquelle ils se développent et les circonstances dans lesquelles ils reparaissent, les analogies qui les rapprochent des

(1) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XV, p. 74.

ovules, tout semble démontrer que ces éléments organiques constituent la partie essentielle du sperme, celle par laquelle le mâle concourt à la reproduction. Mais on a été plus loin : on a cherché à déterminer directement, par l'expérience, si c'est à eux qu'il faut attribuer le pouvoir de féconder l'ovule, quelle part ils prennent à cet acte physiologique, et jusqu'à quel point la matière même dont ils sont composés intervient dans la formation du germe.

Les efforts de Spallanzani (1) ont puissamment contribué à détruire le préjugé de l'*aura seminalis*. Ayant démontré que la liqueur séminale continue de féconder des œufs, bien qu'elle soit noyée dans une très grande quantité d'eau, cet observateur eût pu se laisser entraîner à l'opinion du pouvoir fécondant de la vapeur spermatique ; mais les faits décidèrent le contraire. Une assez grande quantité de sperme fut placée dans un verre de montre ; dans un autre semblable, furent déposés des œufs qui, par la viscosité de leur albumen, s'attachèrent à la partie concave du verre ; celui-ci fut disposé sur le premier de manière à laisser un très faible intervalle entre les œufs et le sperme (d'une ligne dans quelques expériences, d'un tiers de ligne dans les autres), et l'appareil resta plusieurs heures exposé à une température de 18 à 25 degrés. Une quantité de vapeur considérable humecta les œufs ; à chaque expérience, une perte sensible fut constatée dans le poids du sperme qui avait séjourné au-dessous d'eux, et néanmoins jamais les œufs soumis à cette seule action ne présentèrent des phénomènes de développement ; tandis que ceux d'entre eux qu'on mettait ensuite en contact immédiat avec le sperme éprouvaient bientôt les effets de la fécondation. Ces expériences furent répétées sur deux espèces de crapauds et sur deux espèces de grenouilles ; elles donnèrent toujours le même résultat.

La partie du sperme qui s'évapore est donc complétement inféconde, et n'a pas plus d'action que n'en aurait de la vapeur d'eau : au contraire, la semence liquide possède seule le pouvoir fécondant, et elle en jouit à un si haut degré, qu'une très faible quantité suffit pour déterminer le développement d'un grand nombre d'œufs. Ainsi Spallanzani (2) s'assura qu'une petite goutte d'eau de $\frac{1}{50}$ de ligne, tirée d'un volume d'eau de dix-huit onces, dans laquelle on avait délavé seulement trois

Depuis que Spallanzani, par ses fécondations artificielles, nous a appris que le sperme, étendu d'une grande quantité d'eau, ne perd rien de son pouvoir, on préfère se servir, dans les expériences, de cette préparation (à laquelle il donnait le nom d'*eau spermatisée*), à cause de la facilité qu'elle donne d'isoler les divers éléments spermatiques et de déterminer l'importance de chacun d'eux. Prévost et Dumas, ayant préparé vingt grammes de cette liqueur prolifique, en réservèrent une moitié et soumirent l'autre moitié à six explosions électriques qui suffirent pour y faire cesser tout mouvement dans les spermatozoïdes : on mit alors cette liqueur et celle qu'on avait réservée, chacune en contact avec quinze œufs dans des vases séparés. L'une n'effectua aucune fécondation ; l'autre, qui n'avait pas été soumise aux commotions de la bouteille de Leyde, produisit quatorze têtards. On peut objecter, il est vrai, que des étincelles électriques, assez puissantes pour faire cesser les mouvements des spermatozoïdes, ont dû modifier la composition chimique du sperme, et lui faire perdre, avec ses qualités intimes, sa propriété fécondante.

Mais la même objection s'adresse difficilement à l'expérience suivante. Cent grammes de liqueur fécondante ayant été préparés, avec douze testicules et autant de vésicules séminales, Prévost et Dumas les jetèrent sur un filtre composé de cinq filtres emboîtés les uns dans les autres. Dans l'espace d'une heure, on recueillit dix grammes qui ne contenaient aucun spermatozoïde. Cette portion fut mise en contact avec quinze œufs, et la liqueur restée sur le filtre fut versée sur une masse de plusieurs centaines. Ces derniers furent fécondés comme à l'ordinaire ; les autres étaient tous gâtés au bout de quelques jours. La même expérience avait été faite déjà par Spallanzani (1) : cet observateur avait même remarqué que le nombre des naissances était en raison inverse du nombre de filtres employés, et qu'enfin, avec six ou sept filtres, il n'y en avait plus aucune, quoique la liqueur exprimée des papiers conservât ses propriétés fécondantes. Peut-on dire que, malgré la quantité d'eau employée, la liqueur séminale n'a pas été dissoute, qu'elle n'a pu passer à travers le papier, et que c'est à elle, et non aux spermatozoïdes, qu'il faut attribuer le pouvoir fécondant du liquide resté sur le filtre ?

Convaincus de la nécessité des spermatozoïdes, Prévost et Dumas ont voulu aller plus loin et chercher à évaluer le nombre des œufs qu'il est possible de féconder avec une quantité connue de ces corpuscules. Ils ont trouvé que 225 spermatozoïdes ont fécondé seulement 61 œufs sur 380. L'ensemble des recherches auxquelles ils se sont livrés, sur le même sujet, les a conduits à cette conséquence, que le nombre des œufs fécondés est toujours inférieur à celui des spermatozoïdes employés.

Les recherches que, de son côté, Coste (2) a faites pour déterminer quel est, dans la semence, l'élément essentiel, établissent que le pouvoir fécondant réside dans les corpuscules mobiles produits par les testicules, et nullement dans les fluides exhalés par les canaux excréteurs de l'appareil génital. C'est aussi la grenouille commune qu'il a choisie pour sujet d'expérience, cette espèce offrant les conditions physiologiques les plus favorables pour la démonstration qu'il se proposait. Les mâles, en effet, ont sur les côtés de la vessie urinaire, à l'extrémité de chaque

(1) *Ouvr. cit.*, p. 310.
(2) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.* Paris, 1847, t. II, p. 36.

canal déférent, une sorte de vésicule séminale qui, dans la saison des amours, prend un grand développement, et sécrète un liquide abondant d'une fluidité e d'une transparence extrêmes. Dans ce liquide, qui constitue à lui seul la partie fluide de la semence, le microscope, durant les quarante ou cinquante premières heures de l'accouplement, ne révèle encore aucune trace de spermatozoïdes. Ce n'est qu'à partir du troisième jour que ces corpuscules commencent à s'y mêler. Ici donc, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à la filtration, les deux éléments de la semence sont naturellement séparés : la portion fluide est accumulée dans la poche qui la sécrète, et la portion solide, exclusivement formée de spermatozoïdes, se trouve encore dans le testicule qui la produit, ou dans les canaux déférents qu'elle traverse. On peut extraire chacun de ces éléments, pur de tout mélange, des organes qui les renferment, et s'en servir isolément : c'est ce qu'a fait Coste. Après avoir recueilli, dans les vésicules séminales d'un mâle accouplé, le fluide qu'elles contenaient, et s'être assuré que ce fluide était dépourvu de corpuscules spermatiques, il en a arrosé des œufs arrivés à maturité, et jamais il n'a pu réussir à en féconder un seul. Toujours, au contraire, l'expérience lui a donné un résultat positif, lorsqu'il a mis ces œufs au contact de spermatozoïdes pris soit dans les testicules soit dans les canaux déférents.

Mais Coste (1) ne s'est pas borné à démontrer que les corpuscules spermatiques ont seuls le privilége de féconder ; il a encore recherché dans quelles conditions devaient se trouver ces corpuscules au moment de leur contact avec les œufs, pour que ceux-ci fussent influencés, et il s'est assuré, par une série d'expériences, qu'en perdant leurs mouvements, les spermatozoïdes perdent leur pouvoir fécondant, que la vertu prolifique de la semence décroît avec la motilité de ces spermatozoïdes, et qu'elle s'éteint complétement à partir du moment où il n'y en a plus un seul de vivant ; ce qui, pour la grenouille, arrive vers la vingt-cinquième ou la trentième heure, à une température de 10 à 22 degrés, et vers la soixantième, si l'on met le fluide séminal, étendu d'eau, dans une glacière. Ce terme est beaucoup plus court chez les poissons osseux : les spermatozoïdes pris au contact de l'eau, qui est le milieu naturel où se fait la fécondation, loin de se mouvoir vivement

ques de la semence ; mais il supposait, en outre, qu'ils pourraient bien contribuer à la fécondation, en entraînant partout avec eux de la liqueur séminale plus ou moins adhérente à la surface de leur corps. Faut-il s'arrêter à combattre de telles hypothèses? L'opinion d'après laquelle on attribue aux spermatozoïdes l'usage d'entretenir la composition chimique du sperme, ne repose sur aucun fondement. Quant à celle qui les ferait passer pour des espèces de colporteurs de la semence, nous verrons, en étudiant bientôt le mécanisme de la pénétration du sperme, que ce liquide n'a pas besoin de leur secours pour atteindre la surface de l'œuf.

Tels sont les caractères des produits fournis par le mâle dans la génération. Tous ces produits sont loin d'avoir la même importance : les uns sont évidemment accessoires ; les autres, élaborés par le testicule, possèdent seuls le pouvoir fécondant. Enfin, parmi ces derniers, les spermatozoïdes paraissent être les véritables éléments de reproduction. Ils sont produits par les testicules, comme les œufs par les ovaires ; les uns et les autres se forment de la même manière ; ils se complètent réciproquement, et sont susceptibles de se développer en commun, de former une combinaison organique nouvelle, et de reproduire le type des individus souches dont ils se sont détachés.

Étudions maintenant les principaux phénomènes qui accompagnent cette union de l'élément mâle à l'élément femelle, et voyons comment s'accomplit l'acte physiologique désigné sous le nom de *fécondation*.

II. — DE LA FÉCONDATION.

Ce que nous avons dit, jusqu'à présent, des éléments de la reproduction dans les deux sexes et de l'union à laquelle ces éléments sont destinés, doit faire pressentir que la *fécondation* n'est pas, comme on l'a professé longtemps, une sorte d'impulsion donnée à la matière inerte, une influence dynamique s'exerçant sur une substance organisée qui n'attendait que l'application d'une force pour entrer en action.

L'œuf et le sperme ne sont pas seulement organisés, ils sont encore vivants.

En effet, l'œuf ne présente pas seulement, dans l'ovaire, des phénomènes d'évolution remarquables ; après avoir quitté le lieu de sa formation, il continue à vivre, et sa vitalité se manifeste par des changements, par des progrès d'organisation. La segmentation vitelline, dont nous parlerons bientôt, peut, par exemple, indépendamment de toute influence extérieure, commencer à s'opérer en lui et donner naissance aux sphères organiques desquelles proviendraient, sur un œuf fécondé, les cellules du blastoderme, première réalisation matérielle de l'embryon futur. De son côté, le sperme, longtemps après qu'il est sorti du corps, atteste encore sa vitalité, par la persistance des mouvements dont ses corpuscules caractéristiques demeurent animés.

Les bourgeons, les spores des animaux inférieurs, sont des parties vivantes qui se séparent de l'individu souche, lorsqu'elles ont en elles ce qui leur suffit pour se développer isolément. L'œuf, le sperme, sont des parties vivantes qui se séparent des deux individus d'un type spécifique, lorsqu'elles ont en elles le pouvoir de se compléter, de se développer en commun, de puiser enfin l'une dans l'autre

les éléments nécessaires à la formation ultérieure d'un nouvel être semblable à ce même type.

La fécondation n'est pas non plus un acte instantané. Nous verrons que, sous ce rapport, pas plus que sous celui de l'apparition soudaine de la vie dans une matière inerte, elle ne diffère des autres phénomènes organiques. La fusion de l'œuf et du sperme s'effectue, lorsque, sous l'influence d'actions appropriées, ces deux éléments sont mis en contact l'un avec l'autre : le développement qui suit ce contact est simplement un effet de continuation de l'activité vitale qui déjà résidait dans chacun d'eux, avant leur rapprochement.

Ainsi envisagée, la *fécondation* n'en est pas moins un acte aussi mystérieux qu'important, car le sperme et l'œuf, abandonnés isolément à eux-mêmes, perdent toute aptitude à vivre, se désorganisent, se décomposent; au contraire, sont-ils unis, on voit redoubler, dans le composé résultant de leur fusion, l'activité qui animait isolément l'un et l'autre, et ce tout devenir, en peu de temps, un nouvel être qui tient matériellement des deux individus dont il participe.

Dans l'étude de cet acte organique, il convient de signaler les moyens qui, portant le sperme à la rencontre de l'œuf, donnent à ces deux éléments la possibilité de se réunir; — d'examiner en lui-même le phénomène qui consiste dans la fusion de ces éléments; — d'indiquer le lieu où celle-ci s'opère et le moment où elle s'accomplit.

A. — Copulation.

La *copulation*, ou l'union des sexes, dépendant, chez le mâle, de la sécrétion du sperme, peut se faire, chez nos animaux domestiques et surtout chez l'homme, dans toutes les saisons, à des intervalles assez rapprochés : du moins n'observe-t-on pas, sous ce rapport, des intermittences forcées, des périodes limitées, comme nous en avons reconnu dans l'élaboration et dans l'expulsion de l'élément générateur femelle. Si, parmi les animaux sauvages, les mâles ne sont pas continuellement en chaleur, cela tient, comme nous l'avons vu, à ce qu'ils ne se trouvent pas toujours dans les conditions de bien-être, de nourriture, etc., favorables à la sécrétion de la semence. Mais aussi, lorsqu'ils arrivent à cet état, ils peuvent suffire à plusieurs femelles, et, pendant un assez long temps, sont toujours prêts à leur fournir l'élément reproducteur élaboré dans leurs organes; tandis que, chez les femmes, le rut passe avec l'expulsion des œufs, et ne se reproduit plus après la fécondation opérée.

Chez l'homme, l'élaboration du sperme est, pour ainsi dire, continue : il s'en faut bien que l'intervalle qui sépare la maturation d'un œuf de celle d'un autre œuf sépare aussi la formation d'une certaine quantité de sperme de la formation d'une nouvelle quantité de ce liquide. De plus, si toutes les influences voluptueuses, si l'excitation vénérienne, et surtout le coït, hâtent la maturation des œufs et la rupture des vésicules de de Graaf, les mêmes causes agissent encore avec bien plus d'efficacité pour accélérer la sécrétion du sperme. L'homme qui reste longtemps près d'une femme dont il est épris éprouve bientôt un gonflement douloureux des testicules, dû à une accélération dans la formation de la semence, et commandant impérieusement le coït. Le rapprochement des sexes ne tarde pas alors à être suivi de l'éjaculation, c'est-à-dire de l'expulsion du liquide reproducteur dont l'abondance se révélait par des signes indubitables. Mais pour que

l'éjaculation s'effectue, pour que le coït soit possible, la verge acquiert une rigidité qui lui permet de pénétrer dans le vagin et d'en parcourir toute l'étendue : cet état du pénis est désigné sous le nom d'*érection*.

L'*érection*, ou l'augmentation de volume et de rigidité du membre viril, est produite, chez l'homme, par la distension des corps caverneux.

Il faut distinguer l'érection naturelle qui résulte de l'excitation au coït, de celle qui est factice et dépend de causes étrangères à l'acte vénérien.

Cette dernière peut se manifester sous l'influence d'actions mécaniques ou irritantes très variables : la plénitude de la vessie, par exemple, détermine généralement des érections le matin, avant le lever, même chez les jeunes enfants, mais elles cessent dès que l'urine a été évacuée ; la compression, par toute autre cause, des veines qui rapportent le sang des organes génitaux, l'usage des cantharides, etc., peuvent aussi les provoquer.

Les causes de l'érection naturelle sont l'appétit vénérien et l'excitation du système nerveux. Les désirs provoqués par l'imagination, par les lectures, les tableaux ou les souvenirs érotiques, etc., non-seulement causent de violentes érections, mais peuvent aller encore, chez quelques hommes, jusqu'à déterminer l'éjaculation. On sait combien, même auprès d'une femme, le secours de l'imagination est souvent nécessaire, et que, sans lui, l'érection et l'éjaculation ne sont pas toujours possibles.

Cependant la cause la plus active et la plus générale de l'érection est la distension des vésicules séminales et des testicules par l'abondance du fluide spermatique. Cette abondance, déterminant d'ailleurs un sentiment incommode de pression et de douleur sourde, provoque l'érection très promptement, s'il s'y joint un aiguillon quelconque. Celle-ci, quelle que soit la nature de l'excitant vénérien, a toujours d'autant moins de force, comme le fait observer Haller (1), que les réservoirs de la semence sont plus épuisés.

Mais, s'il est aisé de découvrir les diverses circonstances favorables à l'érection, il n'est pas aussi facile de comprendre son *mécanisme*.

On sait bien que cette turgescence est produite par l'accumulation du sang : on s'est convaincu directement, soit par la section du pénis chez les animaux, soit par la compression des veines, que la rétention de ce fluide dans les corps caverneux est en effet la cause immédiate de l'augmentation de volume de la verge. Mais, comment le sang est-il retenu dans cet organe ? — Dans ces derniers temps, Rouget (2) a cherché à mieux préciser la nature spéciale des tissus dits érectiles, et aussi à expliquer le véritable mécanisme de l'érection. Suivant cet observateur (3), tout organe érectile n'étant, en réalité, qu'un organe musculaire dans lequel le sang apporté par les artères peut être temporairement retenu dans les capillaires ou dans les veines transformées en sinus caverneux, en plexus rétiformes, il n'y a pas lieu de chercher la cause immédiate de l'érection ailleurs que dans la contraction des faisceaux musculaires, qui sont l'élément premier ou la base de toute partie érectile.

G. Valentin assigne aux trabécules musculaires des corps caverneux l'usage

(1) *Ouvr. cit.*, VII, I, p. 555.

(2) *Recherches sur les organes érectiles de la femme et sur l'appareil musculaire tubo-ovarien, dans leurs rapports avec l'ovulation et la menstruation.* In-8, Paris, 1858.

(3) *Thèse inaug.* Paris, 1855.

d'écarter, en se contractant, les parois des aréoles pour permettre à ces cavités de recevoir une plus grande quantité de sang dans leur intérieur. En regardant le corps caverneux tout entier comme un tube fibreux traversé intérieurement par des cordes musculaires tendues d'une paroi à l'autre, il semble évident que l'effet de la contraction de ces cordes musculaires ne peut être que de rapprocher, et non d'écarter l'une de l'autre, les parois du tube. Aussi Kölliker, qui admet également la dilatation des aréoles du corps caverneux comme cause première de l'érection, attribue-t-il cette dilatation, non pas à la contraction des trabécules, mais à leur paralysie momentanée. Suivant la remarque judicieuse de Rouget, cette opinion ne saurait être admise, attendu qu'elle suppose que, pendant le repos du pénis, la portion musculaire de l'organe est dans un état de contraction ou d'activité permanente, tandis qu'au contraire cette même portion serait inerte au moment où apparaîtrait l'activité fonctionnelle de l'organe tout entier; en outre, l'opinion de Kölliker est en contradiction formelle avec l'observation de faits pathologiques, qui prouve que, dans certaines altérations de la moelle lombaire, accompagnées de la paralysie des organes pelviens, vessie, rectum, etc., l'érection, bien loin d'être plus fréquente ou même permanente (comme le voudrait rigoureusement la théorie de Kölliker), est, au contraire, un des premiers actes abolis. D'ailleurs, quand les trabécules musculaires sont réellement contractées, sous l'influence de l'électricité par exemple, la diminution remarquable du volume de la verge s'accompagne d'une rigidité toute spéciale, bien différente de l'état de repos et de flaccidité (Rouget).

L'élargissement des aréoles du corps caverneux n'est qu'un effet secondaire, et la cause immédiate de l'érection est un obstacle temporaire à la sortie du sang par les veines : c'est l'opinion la plus généralement accréditée aujourd'hui. Mais en quoi consiste cet obstacle à la circulation veineuse?

Plusieurs physiologistes attribuent à la contraction des muscles bulbo-caverneux et ischio-caverneux la compression des veines du pénis. Kobelt (1), qui, comme le fait observer Rouget, s'est véritablement approprié cette théorie par les ingénieux développements qu'il y a apportés, reconnaît lui-même qu'aucun de ces deux muscles n'est réellement capable d'agir sur les veines volumineuses et profondes qui sortent entre les racines des corps caverneux. En effet, la contraction des muscles bulbo et ischio-caverneux est impuissante à produire l'érection; elle paraît seulement l'activer ou la diriger, en quelque sorte, dans certaines parties. — Il faut nécessairement, dit Rouget, chercher l'explication de l'érection dans la structure des organes érectiles et dans la contraction des faisceaux musculaires qui en font essentiellement partie intégrante. Or, comment agit la contraction des trabécules musculaires du pénis? Il se passe là, suivant le même physiologiste, ce qu'on observe dans tous les muscles organiques : la contraction débute par un point, généralement par une des extrémités de l'organe, et se transmet ou tend à se transmettre de proche en proche. Dans le cas particulier des organes de la copulation, la contraction commencerait dès avant le bulbe et la racine des corps caverneux, ou tout au moins à leur niveau. Ce serait à la région des vésicules séminales, dont la distension est la cause première de l'érection naturelle, que débuterait l'espèce de spasme qui, se développant dans l'appareil musculaire uro-

(1) *De l'appareil du sens génital des deux sexes, etc.*, trad. franç. de Kaula. Strasbourg, 1851.

génital, se transmettrait de proche en proche aux faisceaux de la racine du corps caverneux et du bulbe, et tendrait à se propager dans toute l'étendue de la verge; mais l'obstacle apporté au cours du sang dans les veines du plexus de Santorini par les premières contractions musculaires, a eu pour effet immédiat, suivant Rouget, « la dilatation des aréoles du corps caverneux par le sang, et la tension du liquide lutte énergiquement contre la tonicité musculaire jusqu'au moment où, l'éjaculation étant accomplie, le spasme s'éteint peu à peu dans les parties mêmes où il a débuté; puis, la circulation redevenant libre, la contraction musculaire l'emporte enfin sur la tension du sang, chasse en partie ce liquide, et ramène graduellement la verge à ses dimensions naturelles. »

Faut-il faire jouer un rôle, dans le phénomène de l'érection, aux *artères hélicines* décrites par J. Müller (1) et par Valentin (2)?

J. Müller avait décrit, sous ce nom, des ramifications artérielles contournées en forme de vrille; il admit d'abord qu'elles s'ouvraient dans les sinus caverneux, tandis que plus tard il les considéra comme de simples varicosités terminées en cul-de-sac. Henle et Valentin regardent les artères hélicines comme des productions accidentelles, résultant de ce que les trabécules coupées en travers se roulent en spirale, ou de ce que certains vaisseaux se retirent dans l'intérieur des trabécules tendues.

Kobelt (3) admet des *diverticulums* artériels dans le corps caverneux du pénis, dans le bulbe et même dans le gland; mais, tout en leur donnant le nom de diverticulums, il paraît, adoptant la première opinion de J. Müller, les considérer comme ouverts à leur extrémité, et chargés, dit-il, de favoriser l'écoulement du sang dans les espaces veineux au milieu desquels ils sont librement suspendus. Kölliker croit aussi à l'existence des artères hélicines.

Rouget, ayant repris cette question, a constaté que les artères des organes érectiles présentent une disposition spéciale dont on est frappé au premier examen: d'abord, comme l'a indiqué J. Müller, les troncs artériels dans le bulbe et à la racine des corps caverneux ne se divisent pas, à l'ordinaire, en rameaux dichotomiques, mais sont garnis dans tout leur pourtour de bouquets de vaisseaux se détachant au nombre de trois à dix d'un court pédicule commun. Ces vaisseaux ne se terminent pas en de courts diverticulums, ils traversent librement les larges sinus de la partie centrale des corps caverneux et des bulbes, et pénètrent, après des divisions et des anastomoses multiples, dans les trabécules musculaires, accumulées surtout à la périphérie; ils les parcourent et s'ouvrent enfin à leur surface par un orifice en forme de fente évasée: mais, depuis leur origine jusqu'à leur terminaison dans les trabécules musculaires, les branches des bouquets artériels se tordent, s'enroulent en spirales à tours brusques et pressés, s'enchevêtrent les unes dans les autres, et se mêlant, s'anastomosant, forment de véritables pelotons vasculaires qui, bien différents des simples flexuosités qu'efface une certaine distension, persistent pendant l'érection la plus complète et présentent une analogie frappante avec les réseaux admirables. Il n'est guère possible, comme le fait observer Rouget, de méconnaître le rapport qui lie cette disposition avec la fonction spéciale d'un organe où le sang, dans un moment donné, doit s'accumuler comme dans un réservoir.

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1835, t. II, p. 208.
(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 182.
(3) *Ouvr. cit.*

Quel que soit le mécanisme de l'érection, l'état de rigidité du pénis est nécessaire à son introduction dans le conduit vulvaire et à l'accomplissement du *coït*.

En même temps qu'elle prend plus de volume et de dureté, la verge acquiert, surtout en avant, une sensibilité beaucoup plus vive, dont le développement est indispensable pour déterminer l'excrétion de la liqueur séminale. Cette sensibilité se développe par des frottements réitérés dans l'organe mâle et dans l'organe femelle. Lorsqu'elle a acquis, à la surface de la verge et surtout du gland, un degré suffisant, elle provoque, par un effet d'action réflexe de la moelle, la contraction spasmodique des vésicules séminales, des muscles du périnée, de ceux de l'urèthre, et détermine ainsi l'*éjaculation* de la semence (*).

L'exaltation de la sensibilité est à la fois cause et effet de l'éjaculation. Si la titillation due au frottement du gland, et la sensation de plaisir qui en résulte, doivent atteindre leur plus haut degré pour pouvoir déterminer l'éjaculation, à son tour le passage du sperme dans l'urèthre augmente encore la volupté, qui semblait avoir atteint ses dernières limites, et détermine un état général de spasme qui abolit momentanément toute autre sensation.

Comme tous les mouvements réflexes, l'éjaculation est un acte involontaire. Plusieurs organes concourent à sa production d'une manière puissante, et combinent leurs efforts synergiques pour les diriger vers le même but. Après que le tissu spongieux de l'urèthre et du gland s'est fortement gonflé, le sphincter de l'anus se ferme exactement, les vésicules séminales se contractent, tout le plancher périnéal, et notamment le releveur de l'anus, en se contractant aussi, font remonter ces organes avec la prostate, et en expriment le contenu; le sperme, en vertu de la direction des canaux éjaculateurs, est versé dans l'urèthre d'arrière en avant, au lieu d'être porté vers la vessie, et de là il est entraîné avec les sucs de la prostate, des glandes de Cowper, des follicules uréthraux, et même dardé à une certaine distance, non-seulement par les actions musculaires dont nous venons de parler, mais encore par celles des muscles bulbo-caverneux dont les contractions alternatives achèvent de vider le bulbe de l'urèthre.

On ne peut guère préciser la quantité de sperme éjaculée ni la facilité que peut avoir cette liqueur à se former de nouveau et à provoquer la répétition du coït. L'une et l'autre varient beaucoup chez les différents sujets et selon les divers états de bien-être ou de fatigue, de santé ou de maladie, dans lesquels ils se trouvent. On ne saurait donc exprimer à cet égard aucun principe absolu. Il en est de même pour la force avec laquelle le sperme est éjaculé : la faiblesse des contractions musculaires, un obstacle dans le canal de l'urèthre, peuvent empêcher la liqueur séminale d'être projetée dans les organes génitaux femelles; mais on sait que cette

(*) Les hommes et les animaux qui meurent de mort violente, selon E. Godard (*ouvr. cit.*, p. 124, note 2), éjaculent de la semence abondamment fournie de spermatozoïdes. Chez les animaux qu'il a sacrifiés ou qu'il a vu abattre, l'émission du sperme était très abondante, et avait lieu une, deux ou trois minutes après que l'animal avait été saigné, abattu ou étranglé. Pendant tout le temps de l'écoulement de la semence, la queue de l'animal s'agitait comme dans le coït ordinaire. Chez le hérisson, cet observateur a vu que l'éjaculation était produite par des contractions du bulbo-caverneux. Il a constaté de plus que, chez les hommes qui meurent rapidement, à la suite d'un accident, par exemple, il suffit de toucher un peu le gland, une ou deux heures après la mort, pour voir le sperme arriver au méat. Or, ce sperme contient des animalcules doués de mouvement. Plusieurs fois Godard a obtenu ainsi de la semence, sur des individus morts de maladie, quinze à dix-huit heures et même trente-six heures auparavant. Dans ce dernier cas, les parois de l'urèthre étant accolées, il était obligé, pour obtenir du fluide séminal, de presser d'arrière en avant la face inférieure de la verge.

circonstance ne nuit pas à la fécondation, ou du moins n'entraîne pas son impossibilité.

Le coït excite dans tout le corps une irradiation sensitive indéfinissable, une agitation extrême; le pouls s'accélère, la respiration est laborieuse, etc.; la plupart des phénomènes qui caractérisent les efforts violents se manifestent. Après l'éjaculation, lorsque le calme se rétablit, la verge diminue de volume et reste un peu douloureuse, l'érection disparaît bientôt complétement; enfin un sentiment de faiblesse, qui rend l'homme languissant, succède à cet état de spasme et se prolonge pendant un intervalle de temps variable.

La femme participe à cette agitation, à ces sensations voluptueuses, à cette fatigue. Mais il existe, sous ce rapport, quelques différences entre les deux sexes.

En général, le sentiment voluptueux est plus prompt chez l'homme que chez la femme. Quant à la vivacité de cette sensation, s'il est vrai que, chez quelques femmes, elle soit moindre qu'elle ne l'est chez tous les hommes, on doit pourtant reconnaître qu'à cet égard beaucoup d'entre elles semblent ne le céder en rien à ces derniers.

Il n'en est pas de même de la fatigue qui accompagne la copulation. Elle paraît être plus grande chez l'homme que chez la femme, aussi celle-ci supporte-t-elle plus facilement la répétition du coït. On conçoit, en effet, que la turgescence ou l'espèce d'érection du vagin, les contractions par lesquelles ce canal embrasse la verge, l'excrétion du mucus qui s'échappe de ses follicules pour faciliter le coït, puissent entraîner moins d'épuisement que les actes correspondants chez l'homme, tels que l'érection de la verge, les contractions violentes de l'éjaculation, la perte surtout d'une humeur aussi importante que le sperme.

Existe-t-il, chez la femme, une véritable érection accompagnant le coït? Rouget(1), poursuivant ses intéressantes recherches sur les formations érectiles, remarqua, dans les branches terminales des artères utéro-ovariennes, une disposition en tout semblable à celle qu'il avait observée dans les artères hélicines des corps caverneux de l'homme. Puis bientôt il reconnut que l'utérus et l'ovaire possèdent chacun un véritable corps spongieux. Ces organes sont-ils le siége de phénomènes analogues à ceux de l'érection, ainsi que le fait supposer cette notion de leur texture intime? Chez la femme, dit Rouget, dans l'état normal et en dehors de l'état de gestation, l'utérus et les ovaires sont, après la mort, affaissés dans la cavité pelvienne, et lors même qu'on les débarrasse de la masse intestinale qui pesait sur eux, si la vessie et le rectum ne lui prêtent un appui, l'utérus obéit à tous les mouvements qu'on lui imprime, et, lorsqu'on cesse de le soutenir, retombe et s'infléchit. Dans ces conditions, si, après avoir placé le bassin dans un bain chaud, on pousse par les veines ovariques une injection qui remplisse complétement les corps spongieux de l'ovaire et de l'utérus, on verra de la manière la plus évidente qu'au moment où l'injection le distend, le corps de l'utérus, se redressant dans l'axe du col et s'élevant en quelque sorte dans la cavité pelvienne, exécute un mouvement tout à fait analogue à celui de la portion pendante de la verge se redressant dans l'axe de la portion fixée au pubis et s'élevant vers l'abdomen; l'utérus, comme la verge, persiste dans cette position tant que l'injection gonfle les corps érectiles. Ce changement de position s'accompagne aussi d'un changement de volume et de forme très

(1) *Ouvr. cit.*

notable : l'utérus devient plus convexe en avant et en arrière surtout; ses bords, précédemment amincis, s'arrondissent et se développent de telle façon que l'organe, après l'injection, présente un volume de moitié au moins plus considérable qu'à l'état de vacuité; en même temps les parois de la cavité utérine s'écartent, comme Günther et Kobelt l'ont montré pour les parois de l'urèthre. Du côté de l'ovaire, des phénomènes analogues, quoique moins prononcés, sont tout aussi incontestables : tandis que la trompe ne subit aucun changement de forme ni de volume et n'exécute par elle-même aucun mouvement, on voit l'ovaire se soulever par la tension du plexus veineux, pendant que le corps spongieux, qui le supporte comme une espèce de réceptacle, se gonfle et semble naître de toutes pièces, comme les bulbes du vestibule au moment de l'érection. Quant au vagin, il ne paraît présenter aucune portion que l'on puisse considérer comme érectile, si ce n'est le plexus de larges veines qui longent ses bords latéraux, et le plexus, quelquefois annulaire, qui entoure la première portion seulement de ce conduit.

Sans doute, ajoute Rouget, souvent l'excitation sexuelle, chez la femme, est bornée aux formations érectiles des bulbes et du clitoris, mais elle doit, lorsqu'elle est complète, lorsque l'éréthisme vénérien arrive à son summum d'intensité, franchir ces limites, et envahir les organes essentiels de la fonction génitale dans lesquels se développe la sensation voluptueuse spéciale qui annonce l'accomplissement de l'acte sexuel, que les organes de la copulation ont seulement préparé.

Si, en effet, l'orgasme vénérien, chez la femme, a pour siége les organes génitaux internes, on comprendrait le rôle que doivent jouer toutes leurs riches formations érectiles, qui surpassent de beaucoup, par leur développement, celles des organes de la copulation (*).

(*) Nous croyons devoir compléter le précédent chapitre en donnant ici le résumé des intéressantes observations de E. Godard relativement aux causes qu'il assigne le plus ordinairement à l'*impuissance et à la stérilité* chez l'homme.

L'impuissance et la stérilité, dit cet observateur, se rencontrent bien plus souvent qu'on ne le suppose généralement. Ces deux infirmités, souvent indépendantes l'une de l'autre, sont parfaitement distinctes. La première consiste dans l'impossibilité d'exercer le coït, elle est rarement absolue; la seconde dépend tantôt de ce que le sperme n'est ni sécrété ni éjaculé; d'autres fois elle résulte de l'état anormal de ce liquide, qui est privé de spermatozoaires. Puis, le même observateur rappelle d'abord dans quelles affections congénitales ou acquises du testicule il a rencontré l'impuissance et la stérilité, soit simultanément, soit isolément. Il ne dit rien des castrats, n'ayant jamais observé d'hommes ayant subi une pareille mutilation.

Quant aux hommes dont l'appareil génital n'est représenté des deux côtés que par les canaux déférents, ils entrent difficilement en érection, *mais n'éjaculent jamais*. Chez eux, l'impuissance est presque absolue, et la stérilité est complète.

Les individus dont les deux testicules ne se sont pas développés se rapprochent beaucoup des précédents, pour l'extérieur, les goûts et l'aptitude à la reproduction. Sans doute ils ont des érections, mais ils éjaculent au plus une à deux gouttes d'une semence inféconde; car chez eux, comme l'a reconnu E. Godard, les testicules sont à peine du volume d'une noisette, et les vésicules séminales ont tout au plus le diamètre d'une plume de pigeon.

Les hommes dont les deux testicules se sont atrophiés soit spontanément, soit à la suite d'un coup ou de l'orchite blennorrhagique, se trouvent dans les mêmes conditions. Ceux dont les deux glandes séminales sont le siége de l'épanchement plastique qui constitue le testicule syphilitique sont presque complétement impuissants et *absolument stériles*. Ceux au contraire qui ont seulement de petits noyaux plastiques au niveau du corps d'Highmore, qui est le lieu où ils se déposent tout d'abord, sont puissants et féconds, ainsi que Godard l'a vérifié plusieurs fois par l'examen du sperme éjaculé.

L'affection tuberculeuse double des testicules amène quelquefois l'impuissance, et toujours la stérilité; bien plus, ceux qui sont atteints de cette affection éjaculent au plus une ou deux gouttes d'un liquide privé de spermatozoaires.

Ceux qui n'ont qu'un seul testicule tuberculeux sont puissants, mais inféconds; leur sperme est privé de spermatozoaires, ainsi que Godard s'en est assuré par l'examen du sperme éjaculé et aussi par l'examen du liquide contenu dans les vésicules séminales et les canaux déférents. De

B. — Union de l'œuf et du sperme.

La liqueur séminale, portée par le coït dans la profondeur des organes génitaux de la femme, doit bientôt s'unir à l'élément femelle de la reproduction. Lorsque cette union est accomplie, le grand acte de la fécondation est réalisé. Nous devrons chercher, plus tard, à déterminer quels moyens la nature emploie, après la copulation, pour porter l'œuf et le sperme au-devant l'un de l'autre; dans quel lieu et à quel moment la rencontre de ces éléments germinateurs peut s'opérer. Prouvons d'abord que cette rencontre elle-même constitue le phénomène de la *conception*.

La difficulté de constater la présence du sperme sur l'œuf, d'expliquer les moyens de transport de ce liquide dans l'étendue des voies génitales internes de la femme et des femelles des mammifères, a fait longtemps attribuer la conception à une influence purement dynamique. Encore de nos jours, Burdach (1) s'est posé comme le dernier et le plus ardent défenseur de cette opinion. Mais il est aussi difficile d'exprimer la nature réelle d'une telle influence que d'en préciser les limites. Sans doute, nous ne pouvons pas plus pénétrer l'essence de la conception que le mystère de la vie elle-même; toutefois nous pouvons exprimer que, dans cet acte, se réalise un fait organique semblable à ceux dont nous avons saisi déjà la manifestation dans les fonctions animales de l'individu.

Les expériences ont démontré que ni les phénomènes nerveux qui accompagnent la copulation, ni l'acte même du coït, ne sont indispensables à la fécondation. Une

plus, ceux qu'il a observés et qui étaient mariés n'avaient pas eu d'enfants depuis qu'ils avaient un testicule tuberculeux.

« Ce fait, dit Godard, peut sembler extraordinaire, car l'un des testicules est absolument sain; mais ce qui paraîtra plus étonnant encore, c'est que j'ai constaté plusieurs fois que, chez eux, la stérilité avait précédé d'un à deux ans le développement apparent des tubercules testiculaires.

Comme on le voit, l'examen du sperme peut servir au diagnostic différentiel du testicule tuberculeux et de l'orchite chronique occupant dans les deux cas *un seul testicule*: dans la première de ces affections, le liquide éjaculé est privé de spermatozoaires; dans la seconde, il en renferme une quantité variable.

Les hommes dont les deux testicules sont arrêtés dans l'abdomen jouissent de toutes les facultés viriles; ils entrent en érection, ils exercent le coït, ils éjaculent une certaine quantité de semence, mais ce liquide manque de propriétés fécondantes. Dans ce cas, les testicules ne sécrètent pas de spermatozoaires.

L'homme qui a un testicule sain descendu dans le scrotum (celui du côté opposé, arrêté dans son évolution, étant sain ou malade) est puissant, et il éjacule du sperme largement fourni de spermatozoaires. Il en est de même de l'homme qui a un testicule sain, et dont l'autre présente un noyau plastique épididymaire.

Au contraire, l'individu qui est atteint de double orchite est puissant, mais il ne peut féconder; seulement, tantôt cette affection disparaît spontanément, et celui qui en est atteint reprend ses facultés viriles; d'autres fois il reste stérile après la disparition des tumeurs épididymaires. Dans ce dernier cas, la stérilité résulte, soit de l'oblitération du canal déférent qui a persisté, soit de l'arrêt de la sécrétion spermatique dans le testicule par suite de l'inflammation du parenchyme glandulaire, ainsi que Godard l'a établi par l'examen du sperme éjaculé et par des observations d'anatomie pathologique.

Les personnes atteintes d'orchite unilatérale, la glande du côté opposé étant saine, sont puissantes et fécondes.

Le varicocèle, les kystes spermatiques épididymaires ou intra-testiculaires, les kystes séreux de la tête de l'épididyme, n'empêchent ni la sécrétion ni l'excrétion du liquide fécondant. Il en est de même des congestions ou des apoplexies spermatiques épididymaires ou testiculaires.

En résumé, dans toutes les conditions d'impuissance et de stérilité signalées par E. Godard (*Études sur la monorchidie et la cryptorchidie*, p. 143, note 1), l'infirmité dépendait tantôt de ce que la sécrétion n'avait pas lieu, tantôt de ce que l'écoulement du liquide fécondant était empêché (a).

(1) *Traité de physiologie*. Paris, 1838, t. II.

(a) Pour les causes de stérilité, *chez la femme*, consultez l'ouvrage de F. Roubaud, intitulé: *Traité de l'impuissance et de la stérilité chez l'homme et chez la femme*. Paris, 1835, 2 vol. in-8.

seule circonstance importe à l'accomplissement de cette fonction : la rencontre de l'œuf et du sperme doués encore de toute leur vitalité. Les fécondations artificielles, exécutées avec tant de soins par les observateurs du siècle dernier, et renouvelées de nos jours avec un égal succès chez les batraciens, les poissons et beaucoup d'animaux inférieurs, prouvent bien en effet que les actes concomitants, dont l'ensemble constitue le coït, sont loin d'être des conditions essentielles dans l'acte de la génération. Spallanzani (1) et Rossi (2) nous ont laissé des observations de fécondations artificielles, même chez le chien. Haighton (3), en liant l'une des trompes, chez des lapines, rendait la fécondation impossible de ce côté, bien que l'accouplement eût été accompagné de toutes les circonstances normales, et que les œufs du côté opposé eussent été fécondés. Enfin, dans l'espèce humaine, l'absence de tout sentiment voluptueux, surtout chez la femme, est loin d'être contraire à la fécondation. Les exemples de viol suivi de grossesse ne sont pas rares; dans plusieurs cas, la catalepsie, l'ivresse, le sommeil, le narcotisme, n'ont pas empêché la conception d'avoir lieu. De la part de l'homme lui-même la fécondation peut se faire, non-seulement sans la moindre sensation voluptueuse, mais encore à la suite d'un coït douloureux, sans intromission parfaite du pénis dans le vagin, et, par conséquent, sans cette harmonie intime, dynamique et matérielle que l'on a regardée longtemps comme la condition essentielle d'une copulation féconde.

Ainsi donc, le contact matériel de l'œuf et du sperme est la seule condition qui soit vraiment nécessaire, indispensable, pour assurer la conception. La fusion intime de ces deux éléments organisés et vivants est seule capable de produire le composé dans lequel se continuera la vitalité de l'un et de l'autre, c'est-à-dire de former le *germe* dont le développement donnera naissance à un individu nouveau.

En étudiant les divers éléments du sperme, nous avons démontré que la vapeur de ce liquide est impuissante à féconder l'ovule; que sa partie la plus fluide, celle qui passe à travers les filtres, n'a pas davantage le pouvoir d'exciter le développement de l'élément femelle; en un mot, que la liqueur séminale ne possède la propriété de féconder les œufs que si elle renferme des spermatozoïdes. Par conséquent, les spermatozoïdes sont seuls doués de la faculté de compléter les ovules, le contact matériel de ces corpuscules avec les œufs est toujours nécessaire à la formation du germe, et la fusion de ces deux éléments semble être la condition indispensable du développement du nouvel animal.

On peut déterminer, du moins chez quelques espèces animales, le mécanisme par lequel les spermatozoïdes pénètrent à travers l'enveloppe albumineuse de l'œuf, jusqu'à la surface de la membrane vitelline. Prévost et Dumas (4) ont découvert ce mode de pénétration, en teignant de matières colorantes le sperme dont ils arrosaient ensuite des œufs de grenouille. D'après leurs observations, la matière albumineuse qui entoure l'œuf est très hygrométrique : après quelques heures de séjour dans l'eau, elle augmente considérablement de volume en se laissant gonfler par la pénétration de ce liquide dans son épaisseur. Or, si l'on attend que ce gonflement soit complet, on a beau mettre les œufs en contact avec le sperme et

(1) *Expér. pour servir à l'hist. de la génération.* Paris, 1787, p. 225.
(2) *Opuscoli scelti di Milano*, t. V, p. 96.
(3) *Philos. Transact.*, 1797, pl. I, p. 159.
(4) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. II, p. 129.

les agiter dans cette liqueur, jamais on n'opère de fécondation : cela tient à ce que le sperme ne peut plus pénétrer à travers l'enveloppe albumineuse, qui est déjà saturée d'eau et a acquis, par cette saturation, le plus grand volume qu'elle puisse atteindre. Au contraire, si l'on met les œufs dans l'eau spermatisée au moment où ils viennent d'être pondus, ces œufs s'imbibent du liquide dans lequel ils sont plongés, le sperme pénètre par endosmose à travers l'albumine qui les entoure; de nombreux courants dirigés de dehors en dedans s'établissent avec rapidité à mesure que l'albumine se gonfle, et ces courants entraînent avec eux les spermatozoïdes jusqu'à la surface de la membrane vitelline, et même probablement à travers celle-ci jusque dans l'intérieur de l'œuf.

Ce phénomène remarquable, qui se produit chez les batraciens, ne peut-il pas s'accomplir de la même manière chez les mammifères, et, en général, chez tous les animaux à fécondation interne?

Si nous prenions ici l'analogie pour guide, elle nous conduirait à l'erreur, du moins en ce qui concerne les mammifères. Lorsque l'on examine des œufs de lapin, recueillis dans les trompes et sur lesquels s'observent les premiers phénomènes embryogéniques, on trouve bien, il est vrai, des spermatozoïdes sur la membrane vitelline même (*); mais l'expérience démontre que leur rapport est antérieur à la formation de l'albumen. Lorsque celui-ci entoure l'ovule, les spermatozoïdes sont impuissants à le pénétrer, et par conséquent à arriver jusqu'à l'enveloppe du germe. Les observations de Coste (1) ne laissent aucun doute à ce sujet. Sur une lapine, éloignée du mâle, qu'il a laissée s'accoupler cinquante heures environ après la rupture des vésicules de de Graaf, et qu'il a sacrifiée douze heures après l'accouplement, les ovules, arrivés à l'extrémité supérieure des trompes, y étaient entourés d'une multitude de corpuscules spermatiques, s'agitant avec vivacité; mais l'épaisse zone d'albumen dont ils étaient pourvus n'en avait laissé pénétrer aucun. Les couches superficielles en étaient aussi complétement dégarnies que les couches profondes; la membrane vitelline, à plus forte raison, n'en offrait-elle pas de trace. Sur une autre lapine également livrée au mâle après l'acuité du rut, et tuée seize heures après l'accouplement, Coste a également constaté que l'albumen, qui ne formait encore ici qu'une couche très mince, n'avait laissé passer aucun des nombreux spermatozoïdes avec lesquels ces œufs étaient en contact depuis cinq ou six heures. La membrane vitelline, comme dans l'observation précédente, n'en offrait pas le plus léger vestige, et, dans les deux cas, le vitellus avait déjà subi un commencement de décomposition. Nous invoquerons plus tard ces faits pour déterminer quel est le lieu où la fécondation s'accomplit. Pour le moment, il nous importe seulement d'établir que l'élément mâle, que l'on voit au contact de la membrane vitelline, n'a pu y pénétrer par endosmose ou par une sorte de faculté térébrante, comme cela a lieu pour les grenouilles, mais a dû s'y déposer avant la formation de la couche albumineuse; ce qui, du reste, à de rares exceptions près, arrive pour tous les animaux à fécondation tant interne qu'externe.

Le contact matériel des spermatozoïdes avec l'ovule, la nécessité de ce contact pour opérer la fécondation, ne peuvent donc faire l'objet d'aucun doute. Mais

(*) Voy. planche I, fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9.

(1) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1859, t. II, p. 79.

quelle est la nature de cette union ? Quelle part prennent les spermatozoïdes dans la formation du germe, ou du nouvel être qui en proviendra ? On ne peut faire à ce sujet que des hypothèses : toutefois, parmi ces hypothèses, il en est quelques-unes dont l'observation peut démontrer positivement la fausseté ; il en est d'autres, au contraire, qui paraissent plus ou moins vraisemblables.

La plus ancienne opinion que les observateurs se soient formée sur le rôle des spermatozoïdes, est que, pendant la fécondation, ils pénètrent immédiatement dans l'œuf et s'y développent en une miniature de l'embryon. Émise par Leeuwenhoek, cette manière de voir jeta bientôt de nombreuses racines ; elle fut successivement soutenue par Hartsœker, Boerhaave, Keil, Chr. Wolf, Lieutaud, etc. Andry alla même jusqu'à la présenter sous une forme tout à fait ridicule.

De nos jours Prévost et Dumas (1) l'ont, pour ainsi dire, restaurée, en se bornant à admettre que le spermatozoïde est appelé à former, non pas tout l'animal futur, mais seulement son système nerveux. Lallemand (2) s'est aussi rangé à peu près à cette opinion : tandis que l'élément femelle, notamment le vitellus, serait destiné à constituer la partie organique, digestive, intérieure du nouvel individu, l'élément mâle formerait le fond de son système nerveux et des organes de sa vie extérieure. Mais l'analogie éloignée de forme, qui existe entre le spermatozoïde et les premiers linéaments des centres nerveux, ne suffit pas pour justifier une pareille supposition : en outre, si l'on étudie attentivement le développement de l'œuf, depuis le moment où il subit le contact des spermatozoïdes, jusqu'à celui où se manifestent les rudiments du cerveau et de la moelle, on peut se convaincre aisément que les uns ne proviennent pas directement des autres. L'observation microscopique attentive suffit pour trancher la question.

D'un autre côté, Bory de Saint-Vincent a considéré, avons-nous dit plus haut, les spermatozoïdes comme de simples colporteurs du sperme, servant à mettre en contact avec l'ovule la liqueur séminale dont toute la surface de leurs corps se trouve engluée. Mais le mode même de pénétration endosmotique du sperme, que nous avons mentionné, suffit pour renverser cette hypothèse. En effet, un liquide pur aurait pénétré, par endosmose, à travers l'albumen et la zone transparente, plus facilement encore que des particules solides, quelque ténues que soient ces dernières.

Le même naturaliste a supposé encore, ainsi que nous l'avons déjà vu, d'après une hypothèse émise d'abord par Vallisnieri, et reproduite tout récemment par Valentin et par Bischoff, que les spermatozoïdes ont pour fonction de maintenir, par la rapidité de leurs mouvements, la composition chimique du sperme. Certainement, si une hypothèse paraît dénuée de fondement, c'est celle-ci : car les mouvements des spermatozoïdes, cessant dès que le sperme pénètre à travers les couches albumineuses qui enveloppent l'œuf, il s'ensuivrait que leur rôle serait forcément interrompu au moment où il deviendrait le plus nécessaire.

J. C. Mayer (3) a fait une autre supposition sur le même sujet. D'après lui, les spermatozoïdes seraient nécessaires pour conduire, par leurs mouvements de progression, la liqueur séminale, de la matrice dans toute la longueur des trompes et jusqu'aux ovaires ; et nous verrons bientôt qu'en effet le mouvement des spermatozoïdes peut contribuer à faire rencontrer dans les trompes les éléments géné-

(1) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. II.
(2) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XV, p. 284.
(3) *Rheinisch-medicinisches Correspondenzblatt*, 1842, nos 7, 8, 9.

rateurs mâle et femelle. Mais telle n'est pas, au fond, la destination de ces corpuscules mouvants : n'existent-ils pas aussi chez les batraciens, les poissons et tous les autres animaux à fécondation extérieure, chez lesquels le sperme est souvent mis en contact avec les ovules d'une manière directe et immédiate ?

Nous devons donc rejeter toutes ces hypothèses sur le but final des spermatozoïdes, et nous en tenir à ce que nous avons déjà dit en décrivant les divers éléments du sperme : les spermatozoïdes représentent l'élément générateur mâle destiné à pénétrer l'élément générateur femelle (cicatricule chez les oiseaux, vitellus chez les mammifères), à se mélanger avec lui, pour que de cette pénétration, de cette fusion intime, résulte une combinaison organique nouvelle, constituant le germe qui se développera en individu nouveau.

Mais par quelle voie les corpuscules spermatiques s'introduisent-ils dans l'œuf pour opérer leur mélange avec le vitellus ou avec les matériaux de la cicatricule?

Renouvelant, du moins en partie, l'opinion des anciens sur le rôle des spermatozoïdes, Prévost et Dumas (1) leur en avaient encore emprunté une autre: trompés par une apparence que produit, à la face interne de la membrane vitelline de l'œuf des oiseaux et des grenouilles, la présence de la vésicule germinative, avant la fécondation, ils admirent que cette membrane était percée d'une ouverture circulaire, et que cette ouverture, ménagée d'avance pour le passage du corpuscule spermatique, se refermait ensuite derrière lui, dès que celui-ci était entré dans l'œuf pour en opérer la fécondation. Un examen plus attentif ne tarda pas à révéler la cause de cette méprise; et la croyance à l'existence d'un pertuis transitoire (chez ces espèces), pour l'introduction de l'élément mâle dans l'œuf, fut bientôt abandonnée.

Cependant cette opinion devait se reproduire quinze ans plus tard, à la suite des recherches de Barry (2) sur le développement des mammifères. Ce physiologiste dit, en effet, avoir remarqué, sur la membrane vitelline d'un œuf de lapin, une petite fissure dans laquelle s'était engagé un spermatozoïde. Ce serait là, selon lui, la voie ménagée pour le passage de l'élément mâle, voie transitoire qui se produirait à l'heure de la déhiscence, pour s'oblitérer dès que le mélange serait accompli. Barry avoue ne l'avoir aperçu qu'une seule fois ; et tous les observateurs qui, après lui, ont cherché à découvrir ce prétendu micropyle ont échoué dans leurs tentatives.

Bischoff (3) et Coste (4), malgré les nombreuses recherches qu'ils ont faites dans cette intention, n'ont jamais découvert, sur la membrane vitelline du lapin, rien qui ressemblât de près ou de loin à la fente décrite et figurée par Barry. Coste (5) a néanmoins constaté la présence de spermatozoïdes dans la cavité de la membrane vitelline, vingt heures après la déhiscence, c'est-à-dire quand l'œuf, dépouillé des cellules granuleuses dont il était auparavant enveloppé, permet de distinguer clairement ce qui se passe dans son sein. Ce fait, qu'il avait depuis longtemps signalé avec une certaine hésitation (6), revu depuis, a fixé définitivement son opinion sur le sort de l'élément fourni par le mâle dans l'acte de la génération : selon cet observateur, cet élément pénètre dans l'œuf sous forme de spermatozoïde, et se

(1) *Ann. des sciences nat.*, 1824, 1re série, t. II, p. 104.
(2) *Philos. Transact.*, 1840, p. 532, 536.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Hist. gén. et part. du développ. des corps organisés.* Paris, 1847, t. I, p. 85, et t. II, p. 105.
(5) *Ouvr. cit.* Paris, 1859, t. II, p. 105.
(6) *Ouvr. cit.*, explication de la planche II (lapin), fig. 12.

trouve au contact même du germe, sous l'enveloppe commune où leur alliance doit s'accomplir.

Si l'on s'en rapportait aux observations de Keber (1), on serait tenté de croire à l'existence, chez les mammifères, du micropyle indiqué par Barry; car, dans un travail récent sur l'introduction des spermatozoïdes dans l'œuf, il décrit longuement et figure même un canal assez considérable, ménagé sur un point de la membrane vitelline, pour le passage, dans cette membrane, des corpuscules spermatiques. Mais, lorsqu'on examine les choses de près, on acquiert bientôt la certitude que Keber a pris, pour le micropyle d'un ovule de lapin, la bouche d'une de ces vésicules hydatiques que l'on trouve souvent adhérentes soit aux franges du pavillon, soit aux trompes elles-mêmes.

Keber (2) a été plus heureux en ce qui concerne l'*Unio* et l'*Anodonte*. Ici, malgré les assertions contraires de Leuckart et de Bischoff, l'œuf ovarien est pourvu d'un petit canal qui met, pendant un certain temps, l'intérieur en communication avec l'extérieur. Keber aurait même vu un spermatozoïde engagé dans ce canal, l'aurait suivi dans la cavité de la membrane vitelline, aurait enfin assisté à son incorporation au vitellus et aux modifications ultérieures qu'il subit.

Ce qui, chez les mammifères et les oiseaux, s'est jusqu'à présent dérobé à l'observation, se montre avec clarté chez les poissons osseux. Coste (3) a découvert, sur l'œuf de ces poissons, au fond d'un ombilic visible à la loupe simple, un trou microscopique nettement dessiné, muni en dedans d'une petite soupape, et traversant la membrane vitelline. Ce micropyle n'affecte pas une position indifférente, il est toujours situé en un lieu d'élection ; et ce qui semblerait indiquer qu'il a bien réellement pour usage de donner accès à la semence, c'est que les matériaux du germe ou les éléments femelles, avec lesquels cette semence doit se combiner, viennent s'assembler derrière lui. La fonction accomplie, le pertuis s'oblitère peu à peu, et en quelques jours la membrane vitelline recouvre son intégrité. Cependant, dans les espèces à incubation prolongée, telles que les saumons, il n'est pas rare de le trouver encore un et même deux mois après la ponte, surtout sur des œufs qui n'ont pas été imprégnés.

[redacted]

d'hérédité : telle est la brièveté de la queue, chez les chiens dont les parents avaient la queue en partie coupée. Chez ces animaux, la transmissibilité de l'éducation, et même du mode particulier d'aptitude que l'éducation a développé déjà, n'est pas moins remarquable. Chez l'homme lui-même, non-seulement la constitution physique, mais encore les dispositions intellectuelles, et quelquefois jusqu'à certaines difformités ou monstruosités, ont été transmises des parents aux enfants. D'un autre côté, les hommes monorchides font des garçons pourvus de deux testicules ; certains peuples détruisent le prépuce depuis des milliers d'années, et cela n'empêche pas cet organe d'exister toujours chez leurs descendants ; des parents simples d'esprit donnent souvent naissance à des hommes supérieurs en intelligence, et souvent aussi des intelligences d'élite n'ont légué à leurs enfants d'autre héritage qu'un esprit borné.

Le génie et la beauté parfaite ne sont pas plus héréditaires que la dégradation physique et morale. Entre ces extrêmes, qui sont toujours rares relativement au nombre total des individus d'une seule espèce, on voit toujours osciller la représentation de l'espèce elle-même qui tend à maintenir son type et à le ramener à ses proportions moyennes, en même temps qu'elle cherche à le réaliser complétement. Néanmoins on ne saurait en conclure que les caractères de l'espèce se transmettent seuls des parents aux enfants ; la transmissibilité s'applique également aux caractères de variété, de race, d'individu ou de famille. Quand la transmission n'est pas directe, elle se fait d'une manière latente et médiate : la structure organique des parents, sans atteindre le même degré de manifestation que chez eux, n'en existe pas moins chez les enfants, prête à se développer chez ces derniers, ou à se transmettre d'abord pour ne se développer que dans les seconds descendants. S'il n'y a pas héritage des caractères paternels, il y a donc au moins aptitude à en hériter, disposition à les reproduire, et toujours transmission de cette aptitude à de nouveaux descendants, chez lesquels ces mêmes caractères se manifesteront tôt ou tard. Ainsi nous voyons maintes fois des qualités organiques et vitales rester à l'état latent dans une ou plusieurs générations, et se manifester de nouveau dans les générations subséquentes. Girou de Buzareingues (1) a observé, par exemple, que des animaux blancs, dont les parents étaient mouchetés, font souvent des petits mouchetés. Fréquemment, dans l'espèce humaine, les enfants ont plus de ressemblance physique et morale avec leurs aïeux qu'avec leurs parents.

L'observation des extrêmes, la remarque de l'absence de manifestations héréditaires dans un certain nombre de cas, ont pu faire croire à quelques philosophes que la ressemblance des enfants avec leurs parents dépendait moins de l'hérédité que de l'éducation, de l'imitation et d'autres circonstances extérieures analogues. Mais, en réalité, l'hérédité seule a plus d'empire sur la constitution et le caractère que n'en ont toutes les influences venues du dehors. En effet, n'oublions pas que souvent l'hérédité transmet seulement la prédisposition à une ou plusieurs qualités qui n'apparaissent elles-mêmes que dans la génération suivante ; et qu'en général, eu égard à la constitution, aux caractères organiques et intellectuels, et même sous le rapport des maladies, les parents donnent moins à leurs enfants ce qu'eux-mêmes sont que la disposition à devenir ce qu'eux-mêmes sont devenus.

Il ne suffit pas d'exprimer ainsi le fait de l'hérédité, il faudrait encore poser des

(1) *De la génération*. Paris, 1828, p. 118. — Voy. aussi *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. V, p. 21 ; t. VIII, p. 108 ; t. X, p. 145, 314 ; t. XIII, p. 134 ; t. XV, p. 131 ; t. XIX, p. 351.

principes qui permissent de déterminer à quels produits tels parents devront donner naissance. Mais, pour cela, il faudrait connaître les circonstances qui déterminent les caractères de la progéniture, savoir quelles qualités sont propagées du père ou de la mère à l'enfant, et quelle influence l'un ou l'autre parent peut avoir sur le sexe de celui-ci ; pénétrer enfin la cause même de la sexualité, et dire en vertu de quelle disposition primitive du germe, l'embryon commence à revêtir bientôt les caractères qui rattacheront plus tard l'individu nouveau à l'un ou à l'autre sexe. Or, une grande obscurité règne encore sur toutes ces questions ; pour la plupart d'entre elles, les expériences font défaut. Est-il même certain que des expériences puissent en déterminer la solution ? C'est ce qu'on ne saurait décider.

La constitution des parents, l'état physique dans lequel ils se trouvent, leur âge, la différence entre l'âge de l'un et l'âge de l'autre, sont, sans doute, autant de circonstances dont l'action sur le produit doit se faire sentir ; mais l'influence qu'elles exercent est encore mal appréciée.

Dans l'espèce humaine, les enfants tiennent, en général, des qualités du père et de celles de la mère ; il en est de même des bâtards chez les animaux. Cependant, dans certaines espèces, le produit ressemble physiquement davantage au père, dans d'autres à la mère ; d'un autre côté, certains instincts paraissent transmis plus facilement, dans quelques espèces, par le père, dans d'autres par la mère. Les croisements de race de nos animaux domestiques et d'un grand nombre d'oiseaux sont des sujets féconds d'observations en ce genre.

Relativement à la différence des caractères organiques que présentent des individus de sexe différent produits par les mêmes parents, on peut dire que, chez certains animaux, par exemple, chez la plupart des oiseaux, les sexes pareils influent l'un sur l'autre : le jeune mâle ressemble davantage au père, et la jeune femelle à la mère. Mais il est plus commun encore de voir les parents agir sur le sexe opposé au leur, dans les produits de leur union : Girou de Buzareingues (1) a confirmé ce principe par ses observations sur les mulets, les chiens, les taureaux, les agneaux

encore moins admissible. Il faudrait donc faire dépendre le sexe de l'enfant de l'influence prépondérante que le père ou la mère exerce sur sa formation, plutôt que de toute autre cause. Mais encore les résultats des recherches auxquelles on s'est livré sur les signes de cette prépondérance, et la relation qui existe entre eux et la nature des rejetons, sont-ils si contradictoires, que la plus grande incertitude n'a pas cessé de régner sur la solution de cet intéressant problème (1). On sait seulement d'une manière positive que, sur l'ensemble des naissances dans l'espèce humaine, le nombre des femelles et celui des mâles ne se compensent pas tout à fait : le rapport des naissances masculines aux naissances féminines est à peu près celui de 104 à 105.

S'il est vrai que les circonstances extérieures soient sans influence sur les résultats de la fécondation, sur la constitution du germe et le sexe de l'enfant, il n'en est probablement pas de même eu égard à la vertu reproductive considérée en elle-même. Sous ce rapport, comme sous plusieurs autres, l'espèce humaine tient par des liens visibles aux autres espèces animales. « Ainsi, dit Villermé (2), le nombre des conceptions est plus considérable en hiver et au printemps, qu'en mars qui est un temps de jeûne, et en juillet où la chaleur semble diminuer la fécondité. »

Enfin, il est une question physiologique pleine d'intérêt sur laquelle tous les observateurs ne sont pas également fixés : je veux parler, de *l'influence que peuvent avoir les auteurs d'une première fécondation sur les produits des fécondations ultérieures dus à d'autres pères.*

Les faits nécessaires pour élucider cette question sont assurément difficiles à recueillir dans l'espèce humaine; mais la physiologie comparée peut offrir un vaste champ d'observation.

L'étude du croisement dans les races, chez les mammifères, paraît établir que le mâle, qui a eu une fois avec une femelle un *coït fécondant*, imprime un cachet plus ou moins reconnaissable sur les produits des fécondations ultérieures de la même femelle, dus à d'autres mâles.

Un des faits les plus remarquables que l'on puisse citer, est celui que rapporte lord Morton (3). Une jument arabe fut fécondée par un couagga, espèce d'âne sauvage d'Afrique marqué à la façon du zèbre. Après onze mois et quatre jours, elle donna naissance à un hybride tenant fortement du couagga. La même jument, fécondée les années suivantes par un cheval arabe, donna, *à trois reprises*, des produits dont les formes étaient celles de la race chevaline arabe, mais dont le pelage rappelait, par des zébrures très marquées, le couagga, père du premier poulain.

Il est établi, universellement, aux yeux des éleveurs de bétail, de chiens de combats, de chevaux de race, etc., que quand une femelle a été imprégnée une *fois* par un mâle d'une autre race qu'elle-même, et a porté un hybride, elle est par ce seul fait *détruite*, altérée, au moins pour un temps, si ce n'est pour un

(1) Voy. Burdach, *Physiologie*, t. II, p. 273.

(2) *De la distribution par mois des conceptions et des naissances chez l'homme* (Ann. des sciences nat., 1re série, t. XXIV, p. 130).

(3) Lord Morton, *Singular fact in Natural History* (*Philos. Transact. de Londres*, 1821, part. I, p. 20). — Et Everard Home, *Lectures of Comparat. Anat.* Londres, 1823, in-4, t. III, p. 307.

jours. Ainsi, notamment dans le Poitou, où l'on fait souvent couvrir les juments par des baudets, l'observation a appris que les produits nés ultérieurement de ces mêmes juments, fécondées par des chevaux, conservent toujours, dans leurs formes, une infériorité marquée.

En terminant, nous rapporterons un exemple qui a trait à l'espèce humaine, et que l'on doit au professeur Simpson, d'Édimbourg (1): « Une jeune femme née de » parents blancs avait, du côté de sa mère, un frère mulâtre né avant le mariage » de cette dernière: or, la jeune femme portait elle-même des marques incontes- » tables de sang noir. »

Des faits de cette nature paraissent être couramment acceptés dans les colonies.

C. — Lieu dans lequel s'opère la fécondation.

Déterminer le lieu dans lequel s'opère la fécondation, est le dernier problème que nous ayons à examiner dans l'histoire de cet acte physiologique: c'est aussi un de ceux dont la solution est aujourd'hui le plus facile.

L'opinion la plus ancienne qui se soit produite à ce sujet, est celle d'Aristote, d'Hippocrate, de Galien, qui faisaient de l'utérus le siége de la fécondation. Parmi les anatomistes des deux derniers siècles, les uns, comme Harvey (2), Buffon (3), Darwin (4), ont partagé cette croyance; les autres, frappés de l'existence des grossesses extra-utérines, n'ont pu se les expliquer qu'en admettant que l'ovaire était le siége de la conception. Ils ont même attribué la chute des œufs à la stimulation provoquée par l'arrivée du fluide séminal sur l'organe qui les produit. De nos jours, non-seulement ces deux opinions extrêmes ont été de nouveau mises en lumière, mais une troisième a surgi qui admet la possibilité de la fécondation sur tous les points du canal vecteur, particulièrement vers son milieu, et, par exception, sur l'ovaire et dans l'utérus.

Ceux des physiologistes qui ont admis cette troisième manière de voir, rappelant que les spermatozoïdes, quelques heures après l'accouplement, sont présents dans toute l'étendue des organes génitaux, depuis l'utérus jusqu'à l'ovaire, en ont conclu que leur rencontre avec les œufs, et, par suite, l'imprégnation, pouvaient s'opérer partout, sur l'ovaire, dans l'oviducte et même dans la matrice, selon que le rapport sexuel avait lieu avant, pendant ou après la déhiscence: sur l'ovaire, si le rapprochement précédait de douze ou quinze heures la chute de l'œuf; dans un point quelconque des trompes, suivant que la rupture du follicule venait de se faire ou était plus ou moins imminente au moment du coït; dans l'utérus enfin, si les approches n'avaient lieu qu'au moment où l'œuf, détaché depuis longtemps, commençait à s'y engager.

Mais, comme le dit Coste (5), il ne suffit pas, pour que le contact des œufs et de la semence soit efficace et aboutisse à l'imprégnation, que ces deux éléments se rencontrent sur un point quelconque du canal vecteur; il faut surtout qu'ils se trouvent, au moment de leur jonction, dans une aptitude réciproque. Or, les nombreuses expériences qu'il a faites pour déterminer rigoureusement quel est le lieu où s'opère la fécondation, lui ont démontré que, chez les oiseaux et les mammi-

(1) *Gazette médicale de Paris*, avril 1859, p. 240.
(2) *Exercit. de generat. animalium*. Londres, 1651.
(3) *Hist. nat. génér. et partic.* Paris, 1769, t. IV.
(4) *Zoonomie*. Gand, 1812, t. II, p. 250.
(5) *Hist. génér. et partic. du développ. des corps organisés*. Paris, 1859, t. II, p. 75.

fères, le germe se dégrade quand les œufs, tombés spontanément des ovaires, s'engagent dans les oviductes sans imprégnation préalable. Cette altération, qui, chez les poules, se manifeste par la dégénérescence des matériaux de la cicatricule en gouttelettes muqueuses transparentes, étant déjà sensible sur les œufs tombés de l'ovaire depuis quatre ou cinq heures et arrivés seulement vers le milieu du canal vecteur, Coste (1) suppose qu'elle a dû commencer très haut dans ce canal, et considère l'*ovaire comme le lieu où se fait* normalement *la fécondation*. Si, par exception, ce mystérieux phénomène s'accomplit dans l'oviducte, ce ne peut être, selon lui, qu'au moment presque insaisissable du passage de l'œuf à travers le pavillon. Il en trouve la preuve dans des recherches d'un autre ordre, dont voici le résultat :

Des poules pondeuses, tenues dans l'isolement, furent livrées au coq douze heures avant la rupture probable des capsules ovariennes, de manière que les spermatozoïdes, auxquels il faut également douze heures pour arriver du vagin jusqu'aux ovaires, rencontrassent l'œuf au moment où il venait de tomber. Or, lorsque la déhiscence avait eu lieu, si haut dans les trompes que se fit la rencontre des deux produits, Coste a toujours vu que le premier œuf pondu était stérile, tandis que les cinq ou six qui venaient après étaient féconds, bien que les poules, séquestrées après l'accouplement, n'eussent pas subi de nouvelles approches. Ces derniers avaient donc été fécondés dans l'ovaire, longtemps avant leur chute et par le même fluide séminal qui avait trouvé le premier œuf indifférent à son contact.

C'est aussi dans l'ovaire (peut-être dans les pavillons et à l'extrémité libre des trompes) que, d'après Coste (2), se ferait la fécondation chez les mammifères. Ici, toutefois, l'expérience n'est pas aussi facile à conduire que chez les poules, parce qu'en général les femelles ne sont disposées à s'accoupler qu'au moment où il y a dans leurs ovaires des œufs en maturité. Aussitôt que ces œufs ont rompu leurs capsules et sont tombés dans le canal vecteur, l'excitation causée par le travail ovarien cessant, les femelles résistent tout à coup aux entreprises du mâle. Cependant, en multipliant les épreuves, on finit par rencontrer des femelles chez qui, par exception, l'ardeur sexuelle survit à la déhiscence, ou qui subissent l'accouplement par contrainte, bien qu'elles ne soient plus en chaleur. Les spermatozoïdes font alors leur ascension, comme de coutume, et, quel que soit le point où ils rencontrent les œufs, dans la matrice ou dans l'oviducte, ils passent sur eux, ainsi que nous l'avons déjà dit, sans pénétrer l'albumine qui les entoure, et sans exercer aucune action sur le germe. Malgré leur présence, ce germe, loin de se segmenter (ce qui est le signe caractéristique de la fécondation), reste dans la plus complète inertie, ou devient le siége d'une décomposition profonde qui le convertit en une masse informe, ou en vésicules transparentes grandes et petites, n'ayant absolument aucun des caractères que présentent les sphères organiques.

De ces faits qu'il a observés plusieurs fois, Coste déduit la conséquence que la fécondation, chez les mammifères comme chez les oiseaux, *doit s'accomplir normalement dans les ovaires*, et que, si elle a lieu quelque part dans l'oviducte, ce ne peut être que dans le quart supérieur de ce canal et dans le pavillon qui le termine : elle serait impossible dans tout le reste de son étendue, et, à plus forte raison, dans les cornes utérines.

Cependant Pouchet (3), en exagérant l'importance d'un principe vrai (le prin-

(1) *Hist. génér. et partic. du développ. des corps organisés*. Paris, 1859, t. II, p. 79.
(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1859, t. II, p. 79.
(3) *Théorie positive de l'ovulation spontanée, etc.*, p. 371.

cipe de la chute spontanée de l'œuf), en est venu à reproduire l'opinion d'Aristote et à soutenir que le lieu de réunion des ovules et du sperme est évidemment et incontestablement la cavité de l'utérus ou ses environs. Il admet que jamais un seul zoosperme n'arrive ni sur l'ovaire, ni dans les franges, ni même à la partie moyenne des trompes de Fallope. Selon lui, à l'époque du rut, et probablement durant tout l'âge où la conception est possible, chez les mammifères, l'intérieur de ces canaux serait rempli, depuis les pavillons jusqu'à environ 20 ou 25 millimètres de l'utérus, d'un mucus compacte, blanc jaunâtre, formé de globules microscopiques diaphanes, ovoïdes, très serrés les uns contre les autres, pleins eux-mêmes de granulations excessivement fines. Ce mucus opposerait au sperme une barrière insurmontable, l'empêchant de jamais franchir l'espace qu'il occupe dans les trompes, ce qui lui a fait donner, par Pouchet, le nom de *mucus infranchissable*. Mais, nous devons le dire, nous n'avons jamais rencontré ce mucus tandis que nous avons eu occasion de constater, comme tant d'autres observateurs, la présence du sperme dans la partie supérieure des trompes, et de trouver dans le même point des ovules déjà fécondés.

Si, comme semblent le démontrer les expériences de Coste, la fécondation, chez les mammifères, se fait le plus ordinairement à l'ovaire, et, par exception, dans les pavillons et dans le quart supérieur des trompes, tout porte à croire qu'il doit en être de même pour l'espèce humaine. Du reste, les grossesses abdominales ne paraissent laisser aucun doute à cet égard. Elles prouvent que, chez la femme aussi, la semence monte jusqu'aux ovaires et y exerce son influence, puisque les ovules tombent, fécondés, de ces organes dans la cavité péritonéale.

On sera d'autant plus disposé à admettre que l'*imprégnation ovarienne*, pour les espèces à fécondation interne, est la loi générale, qu'on étudiera plus attentivement le phénomène chez les animaux où un accouplement actuel opère, par anticipation, sur une ponte éloignée, ou sur une succession de générations, sans que l'on puisse en attribuer la cause à un dépôt de semence tenu en réserve dans une bourse annexée aux conduits génitaux femelles. Ainsi, les oiseaux sont dépourvus

dation s'accomplit bien évidemment dans l'ovaire, et elle s'y fait, *par anticipation*, sur des produits en quelque sorte microscopiques.

Chez d'autres crustacés, Coste et Gerbe non-seulement ont vu les mêmes phénomènes se reproduire ; la semence passer de l'état solide à l'état liquide et être absorbée peu à peu bien avant la maturité des ovules; mais, de plus, ils ont constaté qu'un même accouplement féconde, dans l'ovaire, deux générations à la fois. Ainsi des *Maia* femelles, séquestrés à la suite du rapprochement, leur ont donné une première série d'œufs qui, après plusieurs mois d'incubation sous la queue et après éclosion, ont été immédiatement remplacés par d'autres œufs tout aussi féconds. Cette seconde génération, ayant eu lieu sans accouplement préalable, a dû nécessairement être imprégnée en même temps que la première par la même semence, et dans la profondeur de l'organe qui l'a produite.

En résumé, si, dans l'espèce humaine et les mammifères, la *fécondation exclusivement ovarienne* laisse quelques doutes, il ne saurait en être de même en ce qui concerne les oiseaux, les crustacés, et probablement la plupart des animaux à fécondation interne. Chez eux, le sperme exerce manifestement son action sur l'œuf dans l'ovaire, et il l'exerce non-seulement sur les ovules dont la maturation est imminente, mais même *par anticipation*, comme nous venons de le dire, sur ceux qui, avant de quitter le follicule où ils se forment, auront longtemps encore à y séjourner. — Ne pourrait-on pas trouver dans ce dernier fait l'explication de l'influence que semblent exercer les auteurs d'une première fécondation sur les produits des fécondations ultérieures dus à d'autres pères ? Ne pourrait-on pas supposer aussi, avec quelque fondement, que cette influence, *insuffisante* pour déterminer le développement, est néanmoins assez profonde pour que, à la suite d'une seconde alliance, les produits portent l'empreinte d'une paternité mixte?

Mais comment les corpuscules spermatiques arrivent-ils jusqu'à l'œuf, malgré la paroi résistante de la vésicule qui le renferme. C'est là un problème qui attend sa solution de recherches ultérieures. Les seules conjectures que l'on puisse faire aujourd'hui, c'est qu'ils sont peut-être entraînés par une sorte d'absorption, ou qu'ils pénètrent à travers une ouverture que les micrographes ont été jusqu'ici impuissants à découvrir. Quoi qu'il en soit, l'admission des spermatozoïdes au sein du follicule qui contient l'ovule est un fait dont les animaux à gestation ovarienne fournissent une preuve irrécusable. Chez les pœcilies, par exemple, l'œuf fécondé dans la capsule de l'ovaire se développe dans cette capsule, et n'en rompt la paroi qu'après que l'embryon y est arrivé à terme (1).

La conception, dans l'espèce humaine, est-elle instantanée ; s'accomplit-elle pendant ou immédiatement après l'acte copulateur ?

Presque tous les auteurs ont admis, jusqu'à nos jours, que les grossesses extra-utérines, et surtout les grossesses abdominales, étaient produites par quelque sensation extraordinaire, par quelque frayeur qui troublait toute l'économie et dérangeait principalement l'action des organes génitaux. Astruc paraissait n'en pas douter. Marc (2), Lallemand (3), Velpeau (4), ont professé la même opinion.

(1) DUVERNOY, *Observat. pour servir à la connaiss. du développ. de la Pœcilie de Surinam* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 15 et 22 avril 1844).

(2) *Dict. des sciences méd.*, t. XIX, p. 399.

(3) *Observations pathologiques propres à éclairer plusieurs points de physiologie.* Paris, 1825, 2e édit.

(4) *Traité complet de l'art des accouchements*, t. I, p. 224.

Dans cette hypothèse, la frayeur agirait sur les organes générateurs immédiatement après le coït, probablement en faisant cesser l'état d'orgasme qui maintenait les franges des trompes appliquées contre l'ovaire. L'ovule devait être fécondé quand il est tombé dans la cavité du péritoine, et néanmoins les émotions auxquelles on attribue l'accident seraient survenues immédiatement après le coït ; d'où il faudrait conclure que la fécondation est un phénomène très rapide, presque instantané dans l'espèce humaine (1).

Mais en prenant l'analogie pour guide et en invoquant les faits nombreux dont la science est en possession, on arrive à une conclusion diamétralement opposée. La conception chez les animaux où le fluide séminal va au-devant de l'œuf dans le sein de l'organisme, loin d'être instantanée, n'a lieu au contraire qu'après un certain laps de temps. Nous venons de voir que, chez les crustacés, la semence mise en dépôt, par le mâle, à l'entrée de l'oviducte, ne commence, selon Coste, à se liquéfier et à faire son ascension vers les ovaires que quinze jours environ après l'accouplement, et que ce phénomène ne dure pas moins d'un mois. Nous avons également vu, d'après le même auteur, que, chez les oiseaux, le sperme déposé dans le vestibule du canal vecteur met à peu près de douze à quatorze heures pour monter de ce point jusqu'à l'ovaire, qui est le siége normal de la fécondation. Or, cet acte, qui consiste dans le mélange de l'élément mâle et de l'élément femelle, ne saurait, dans ces deux classes, s'accomplir immédiatement après la copulation, puisque, dans un cas, il faut plusieurs jours, et dans l'autre, plusieurs heures pour que les corpuscules fécondants se trouvent au contact d'un œuf apte à être imprégné.

Si nous prenons les mammifères, dont l'organisation a plus de rapport avec celle de l'espèce humaine, nous verrons qu'ici encore, il est bien difficile de soutenir l'opinion qui veut que la fécondation se fasse soudainement.

D'après Coste (2), le fluide séminal ne serait pas lancé directement dans la matrice, comme le pensaient les anciens, et comme sont encore disposés à l'admettre la plupart des physiologistes, mais serait versé dans le vagin, d'où il ne gagnerait l'utérus qu'après un séjour de vingt-cinq à trente minutes. Les recherches nombreuses qu'il a faites, particulièrement sur le lapin, lui ont démontré qu'en

immédiatement par l'extrémité de l'oviducte; puis ce tube devient le siége de contractions lentes, péristaltiques, semblables à celles de l'intestin, et se dirigeant de l'ovaire vers la matrice, où elles finissent par amener l'ovule.

L'impulsion imprimée à l'œuf par les contractions des trompes ne paraît pas d'ailleurs être la seule qui tende à transporter ce produit de l'ovaire dans l'utérus. Il faut y ajouter celle qui résulte de l'action des cils vibratiles dont la muqueuse du pavillon et des trompes se trouve tapissée. Non-seulement Henle (1) a reconnu l'existence de l'épithélium vibratile à la surface des franges du pavillon, chez la femme, mais encore, avec lui, Purkinje et Valentin (2), Bischoff (3), Pouchet (4), ont reconnu, chez les animaux, que les cils de cet épithélium ne se contractent jamais que dans un seul sens, et dirigent toujours leurs mouvements de l'intérieur à l'extérieur, de manière à entraîner l'ovule au dehors par leur action incessante.

Les actions qui déterminent le *transport du sperme* dans la matrice, dans la trompe et jusqu'à l'ovaire, sont plus nombreuses, plus efficaces, mais elles sont aussi plus difficiles à déterminer que celles dont dépend la progression de l'œuf. Nous ne pouvons, avec J. Müller (5), compter au nombre de ces actions celle des cils vibratiles, car nous venons de voir que leur mouvement a toujours lieu dans un sens inverse de celui que suit le sperme dans sa progression. Quant au mouvement propre des spermatozoïdes, quoique Henle (6) ait mesuré le chemin qu'ils peuvent parcourir dans un temps donné, on ne saurait leur attribuer une aussi grande part que le fait cet observateur, dans la marche active du sperme de l'extérieur vers l'intérieur.

Blundell (7), Bischoff (8), ont regardé comme contribuant puissamment à l'ascension du sperme les mouvements propres de la matrice et des trompes, qu'ils ont vus s'exécuter avec une grande vivacité chez des chiennes et des lapines vivantes ou récemment tuées. Ces mouvements ne seraient point, à proprement parler, péristaltiques, mais se dirigeraient immédiatement vers l'ovaire et ressembleraient à un élan de la trompe vers cet organe. Courty (9) croit à la possibilité de contractions antipéristaltiques existant temporairement dans la trompe, et l'emportant momentanément sur celles qui dirigent l'œuf vers la matrice.

Les anciens avaient attribué le phénomène à une sorte de succion. De Graaf (10), Vallisnieri (11), Dionis (12), expriment cette opinion, et regardent comme le signe probable d'un coït fécondant le contact du gland avec le museau de tanche. Haller (13), Gunther (14), Bischoff (15), supposent aussi à cette sorte d'aspiration une grande influence sur le transport du sperme. Enfin, Pouchet (16) fait résider

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 114.
(2) *De motu vibratorio*, p. 51. — MÜLLER'S *Archiv*, 1834, p. 392.
(3) *Développement de l'homme et des mammifères*. Paris, 1843, p. 25.
(4) *Théorie positive, etc.* Paris, 1847, p. 151.
(5) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. II, p. 629.
(6) *Anat. génér.* Paris, 1843, t. II, p. 533.
(7) *Researches Physiol. and Pathol.* Londres, 1824, p. 54.
(8) *Développement de l'homme et des mammifères*, p. 25, 563.
(9) *Ouvr. cit.*, p. 84.
(10) *De mulierum organis*. C. V., p. 153.
(11) *Historia della generazione*. Venise, 1721.
(12) *Traité général des accouchements*. Paris, 1718.
(13) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 21.
(14) *Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie*, etc. Hanovre, 1837.
(15) *Ouvr. cit.*, p. 24.
(16) *Ouvr. cit.*, p. 387.

en elle seule la cause de l'ascension de la liqueur fécondante. Selon ce dernier auteur, le spasme convulsif qui s'empare des organes génitaux de la femme au moment du coït, en contractant énergiquement l'utérus et les trompes, tend à diminuer la capacité de ces organes, à l'effacer, de manière que, durant son action, le mucus qu'ils contiennent se trouve totalement expulsé. Puis, quand le spasme cesse, l'utérus et les trompes, se dilatant, redonnent à leur cavité l'ampleur accoutumée, et le fluide séminal versé dans le vagin est en partie aspiré par l'utérus et par les trompes.

Assurément, ce dernier mode d'action des organes génitaux peut avoir une grande influence sur la marche du sperme : mais est-il seul à déterminer l'ascension de ce liquide ? Il est permis d'en douter. On sait que l'immense majorité des femmes n'accuse aucun sentiment qui dépende d'une aspiration aussi énergique, et qui puisse constituer un signe certain d'imprégnation. On connaît la grande fécondité de certaines femmes très froides, les nombreux exemples de coït fécondant malgré des circonstances qui auraient dû le rendre infécond, comme il arrive dans les cas de viol, ou lorsque la femme est dans un état de catalepsie, d'ivresse, de sommeil, de narcotisme. Enfin, on n'ignore point qu'il est des cas où l'éjaculation extérieure, c'est-à-dire à l'orifice même de la vulve ou au devant d'une membrane hymen restée intacte, a suffi pour assurer la conception, d'où, par conséquent, la nécessité d'une aspiration encore bien plus considérable, même de la part du vagin. Sans éclairer davantage la question sur le vrai mode de progression du sperme, ces exemples prouvent que cette progression est souvent assurée par des agents organiques dont la puissance a le droit de nous étonner.

Ce que ni les ondulations des cils vibratiles, ni les mouvements progressifs des corpuscules spermatiques, ni les contractions de la matrice et des trompes, ni leur dilatation à la suite d'un spasme supposé, ne suffisent à accomplir, la *capillarité*, selon Coste (1), peut le réaliser avec une permanente précision. Son action, indépendante et toujours prête à s'exercer, élèverait la semence dans les conduits génitaux, comme elle élève un liquide quelconque en un tube ou entre deux lames de verre. « En admettant ce mode de transport, on comprend, dit Coste, comment chez les animaux aquatiques où le mâle dépose le fluide séminal sur le corps

dans les canaux spermatiques et dans la liqueur séminale, leur excrétion et leur introduction dans la profondeur des voies génitales femelles. Enfin, nous avons reconnu que de l'union intime de ces deux éléments reproducteurs résulte le germe, et que, du développement ultérieur de ce germe, de l'évolution de l'œuf fécondé, provient l'embryon, première ébauche de l'individu nouveau qui est destiné à perpétuer l'espèce. Pour compléter l'exposition des phénomènes de la reproduction de l'homme, il nous faut donc maintenant tracer l'histoire du développement de l'œuf, et décrire les principaux faits relatifs à la formation de l'embryon qui se développe dans cet œuf.

Il est bien entendu qu'on n'a pas pu étudier, dans l'espèce humaine, toutes les périodes des formations embryonnaires, et encore moins les diverses époques du développement de l'œuf. Trop souvent même on est tombé dans les plus graves erreurs en inscrivant, dans les ouvrages d'embryologie, des sortes de monstruosités ou des altérations pathologiques de l'embryon comme autant de termes de son développement normal. On ne peut avoir des notions positives sur les divers états de l'œuf humain, à ses divers âges, que par l'ouverture d'utérus gravides, provenant surtout de femmes qui ont succombé à une mort violente. Les produits d'avortement peuvent aussi être utilisés pour l'étude : seulement il ne faut jamais les prendre pour types d'un état normal, à moins qu'ils ne concordent parfaitement avec les produits qu'on rencontre dans la matrice, ou avec quelques-unes des formes de développement observées chez les mammifères.

Les premières connaissances exactes, sur le développement de l'œuf et sur celui de l'embryon, sont dues à l'étude approfondie de l'ovologie des oiseaux. S'il y a bien des dissemblances entre les oiseaux et les mammifères, sous ce rapport comme sous bien d'autres, il y a aussi entre eux de nombreuses similitudes. Les oiseaux et les mammifères appartiennent, comme l'homme, à la grande division des vertébrés; de là des points communs, ou, pour mieux dire, une époque commune dans l'histoire du développement des uns et des autres; de là, par conséquent, des applications multipliées de l'ovologie et de l'embryologie des oiseaux à l'ovologie et à l'embryologie de l'homme.

Des mammifères à l'homme la distance est bien moindre que de l'homme aux oiseaux. Aussi, comme l'étude de l'ovologie des mammifères a mérité, par les nombreuses acquisitions dont elle s'est enrichie depuis vingt ans, d'être regardée comme complète en beaucoup de points, celle de l'ovologie humaine a accompli, par ce seul fait, de précieux progrès. Les identités reconnues, entre certaines époques du développement de l'homme et les époques semblables du développement des mammifères, entre des termes correspondants qu'on avait pu étudier chez les uns et chez l'autre, ont permis de présumer ce qui était encore ignoré pour l'espèce humaine; et, il faut le reconnaître, la plupart de ces présomptions ont été vérifiées ou se vérifient tous les jours, à mesure qu'il nous est donné d'observer de nouveaux faits d'embryologie humaine, à mesure que nous mettons plus de science et plus de sévérité dans leur interprétation.

L'histoire de l'ovologie des oiseaux, celle de l'ovologie des mammifères, et les faits nombreux d'ovologie humaine normale, nous permettent donc, en s'éclairant mutuellement, d'écrire aujourd'hui une histoire du développement de l'œuf et de l'embryon dans l'espèce humaine, presque aussi complète que celle qui résumerait les observations ou les expériences les plus nombreuses qu'on pourrait entreprendre sur la reproduction de l'homme.

A. — Développement de l'œuf fécondé.

Les premières époques du développement de l'*œuf humain* sont les seules pour lesquelles l'observation directe nous fasse encore défaut. On connaît bien les diverses membranes qui enveloppent l'œuf dans l'utérus, la manière dont elles se forment, leurs usages; mais on n'a jamais rencontré l'œuf dans la trompe, ni peut-être même dans la matrice, au moment de son arrivée. Toutefois les rapports intimes qui existent entre l'espèce humaine et les espèces mammifères, telles que la lapine, la brebis, la chienne, sur lesquelles on a fait des observations relatives à l'œuf dans l'ovaire et aux premiers développements de l'œuf dans la matrice, permettent de supposer qu'il n'y a pas moins de ressemblance entre celles-ci et celle-là, pour ce qui concerne les premiers phénomènes du développement de l'œuf dans la trompe. C'est par la description de ces premiers phénomènes que nous devons commencer l'histoire du développement de l'œuf.

Premiers développements de l'œuf humain dans la trompe. — Segmentation du vitellus. — Formation du blastoderme.

En décrivant l'œuf dans l'ovaire et la manière dont il s'échappe de cet organe, après la rupture de la vésicule de de Graaf, nous avons dit qu'il se compose alors d'une enveloppe externe, appelée *zone transparente* ou *membrane vitelline*, d'une masse granuleuse, plus ou moins opaque, connue sous le nom de *vitellus*, et d'une vésicule fort ténue, diaphane, dite *vésicule germinative*. Que deviennent chacun de ces éléments, lorsque l'œuf a quitté la vésicule de de Graaf? Par quelles séries d'évolutions successives doivent-ils passer, après la fécondation, pour donner lieu au développement d'un être nouveau.

Et d'abord, la *vésicule germinative* a disparu, lorsque l'œuf a quitté l'ovaire. On a fait jouer jusqu'ici un grand rôle à cet élément organique, dont la tâche paraît au contraire terminée dès que l'œuf a acquis son développement intra-ovarique,

le développement du germe, phénomène que nous aurons bientôt à étudier sous le nom de *segmentation*.

Pour Schwann (1), au contraire, qui eut le premier l'ingénieuse idée de comparer l'œuf à une cellule, la vésicule germinative et la tache de même nom, devant être assimilées au *noyau* et au *nucléole* de toute autre cellule, sont des parties transitoires qui doivent s'évanouir après avoir servi de centre de formation, être résorbées à la manière des autres noyaux et nucléoles, et ne prendre, par conséquent, aucune part aux phénomènes ultérieurs dont l'œuf est le siége. Coste (2), sans partager les vues de Schwann sur le mode de formation cellulaire de l'ovule, considère aussi la disparition de la vésicule germinative comme le terme naturel de l'existence d'une partie qui a complétement épuisé son rôle.

Si l'on songe que la vésicule germinative disparaît dans l'œuf des femelles d'oiseaux qu'on a tenues séparées des mâles; que, chez la plupart des poissons osseux et des batraciens anoures dont les œufs sont fécondés seulement après la ponte, la vésicule germinative a toujours disparu plus ou moins longtemps avant que le sperme ait touché ces œufs, on sera bien convaincu que ce phénomène ne peut être attribué à la conception. Cette disparition ne paraît pas non plus se lier aux phénomènes dont l'œuf est le siége dans les premières époques du développement, c'est-à-dire à la segmentation du vitellus et à la formation des sphères granuleuses.

En entrant dans l'oviducte, l'œuf entraîne avec lui une partie du disque granuleux ou proligère qui l'entourait dans la vésicule de de Graaf. Les granules de ce disque restent d'abord attachés autour de lui, d'une manière irrégulière; mais bientôt, soit qu'ils se dissocient spontanément ou sous l'influence du mouvement des cils vibratiles, soit qu'ils se dissolvent dans la liqueur tubaire, ils finissent par disparaître complétement.

Puis, à mesure qu'il chemine dans la trompe, l'*œuf s'entoure d'albumine*. Cette déposition, analogue à celle qui se fait en quantité bien plus considérable autour de l'œuf des oiseaux, s'opère par couches successives et excentriques, dont il est facile de reconnaître la stratification en examinant l'ovule au microscope (pl. I, fig. 4 et 9, *a*). Aussi l'enveloppe albumineuse augmente-t-elle peu à peu d'épaisseur et se trouve-t-elle parsemée de spermatozoïdes, quelquefois depuis son bord externe jusqu'à la membrane vitelline.

Mais, d'autres phénomènes bien plus importants vont se manifester : s'ils ne dépendent pas absolument de la fécondation, ils se lient du moins à elle d'une manière si immédiate, que leur manifestation n'a jamais lieu dans les œufs qui n'ont pas reçu l'influence vivifiante du sperme.

Segmentation du vitellus.

Une sorte de racornissement ou de *retrait* s'opère d'abord dans le vitellus. Sa masse entière semble se condenser; un sillon, un espace vide ou rempli seulement de lymphe et privé de granules, trace une séparation nette et bien marquée entre ce vitellus et la membrane vitelline; un travail organique profond commence à agiter les éléments de cette masse, et semble la préparer aux modi-

(1) *Mikroskopische Untersuchungen*. Berlin, 1839.
(2) *Hist. génér. et partic. du développ. des corps organisés*. Paris, 1847, p. 147.

fications par lesquelles elle va préluder à une organisation nouvelle. Au milieu des nombreux granules dont elle est composée (pl. I, fig. 2, *j*), on voit se former, d'une manière d'abord indécise, mais bientôt de plus en plus nette, des vésicules de diverses grandeurs, renfermant elles-mêmes des granules dont quelques-uns plus volumineux semblent tenir lieu de noyau; souvent même, pour ne pas dire toujours, quelques-unes de ces vésicules s'échappent et viennent se placer dans l'intervalle que le vitellus a laissé, par son retrait, entre la membrane vitelline et sa propre masse (pl. I, fig. 4). En même temps, une vésicule transparente, ou, tout au moins, un espace ovoïde plus clair, que l'on prendrait pour la vésicule germinative si l'on n'avait constaté antérieurement la disparition de celle-ci, commence à se manifester au centre de la masse vitelline. Il est assez difficile d'assigner à cette apparence, dont nous suivrons du reste les transformations, une signification de quelque valeur. Enfin une sorte d'échancrure se dessine sur le contour de la sphère du jaune : c'est le premier signe de segmentation (pl. I, fig. 4).

La segmentation du vitellus est un des plus curieux phénomènes d'organisation qu'il soit donné aux physiologistes de contempler. C'est le passage d'une sphère amorphe à une membrane organisée, dont un point devra se développer en embryon. Signalée d'abord chez la grenouille par Prévost et Dumas (1), qui regardèrent les sillonnements du vitellus comme la conséquence première de la fécondation, elle fut étudiée de nouveau, avec plus de soin, par Rusconi (2), Baumgaertner (3), de Baer (4), Bergmann (5), Reichert (6) et Vogt (7), chez les brataciens. On l'observa encore sur les œufs d'un grand nombre d'animaux invertébrés (annelés, mollusques, zoophytes). Rusconi (8), Vogt (9), Coste (10), ont décrit et figuré la manière dont s'accomplit le même phénomène dans l'œuf des poissons osseux. Enfin, Barry (11) découvrit la segmentation du vitellus chez les mammifères : après lui, Bischoff (12) et surtout Coste (13) l'ont étudiée d'une manière plus approfondie, et ont signalé les relations qui la rattachent aux faits antérieurs et aux phénomènes subséquents. Jusqu'à ces derniers temps, une série de classes animales semblait se soustraire à la loi de la segmentation du jaune de l'œuf : c'étaient les oiseaux, les reptiles écailleux, les poissons cartilagineux et les céphalopodes. Je dirai tout

taire que le tout dont elle émane (pl. I, fig. 5). A peine cette première division est-elle accomplie, que déjà les deux sphères granuleuses secondaires, résultant de ce premier fractionnement, deviennent, à leur tour, le siége d'une segmentation semblable ; et que, le même travail se répétant pendant un certain temps sur chaque segment sphérique nouveau, le vitellus finit par se résoudre entièrement en un nombre plus ou moins considérable de sphères granuleuses, d'un volume progressivement décroissant, mais d'une nature toujours identique (pl. I, fig. 6, 7 et 8).

Au milieu de chaque sphère vitelline existe un globule diaphane, homogène, semblable à une goutte d'huile (pl. I, fig. 4, 5, 6, 7), et qui, d'après Coste (1), ne paraît pas sans influence sur la segmentation du germe. En effet, avant toute division du vitellus lui-même, ce globule graisseux ou muqueux, caché au sein des granulations de la sphère vitelline primitive, y subit un étranglement qui le divise en deux segments globuleux distincts. Chacun de ces segments semble devenir un centre d'attraction pour les granulations ambiantes dont il finit par s'envelopper et par former une nouvelle sphère vitelline. Puis, chaque segment sphérique de la sphère vitelline primitive, muni du globule oléagineux qui semble avoir provoqué sa séparation, devient, à son tour, le siége d'un travail semblable, c'est-à-dire que la division de son globule central amène celle de la sphère secondaire qui le contient, et ainsi de suite. Ce qui se passe là n'est pas sans analogie avec ce que nous avons vu avoir lieu chez les animaux infusoires qui se reproduisent par scission (2). Bien plus, chaque globule graisseux central recélerait lui-même, dans son intérieur, un globule générateur beaucoup plus petit, qui jouerait, par rapport au globule graisseux, le même rôle que ce dernier remplit à l'égard des sphères vitellines.

Ces amas sphériques granuleux, qui vont se divisant en segments de plus en plus petits, ne paraissent posséder aucune enveloppe. Ce ne sont pas des globules proprement dits, encore moins des vésicules ou des cellules, ces dernières dénominations impliquant l'idée d'une enveloppe solide et d'un contenu liquide. Aussi Coste, les regardant comme une forme distincte, dans laquelle apparaît un premier acte d'individualisation, une sorte de manifestation première de la vie, leur a-t-il donné le nom de *sphères organiques*. Cette opinion diffère entièrement de celle de Barry et de Bergmann, qui avaient cru reconnaître à ces sphères une membrane enveloppante, et surtout de celle de Reichert (3), qui ne voyait, dans le phénomène de la segmentation, qu'une sorte d'illusion produite par la mise en liberté de vésicules préexistantes, emboîtées les unes dans les autres.

Tel est le phénomène de la segmentation chez les mammifères. Coste (4) a découvert que ce phénomène existe aussi chez les oiseaux, les reptiles écailleux et les poissons cartilagineux, chez lesquels jusqu'ici il s'était dérobé à l'observation, et qu'ainsi on peut le regarder comme un fait commun à tous les animaux. Mais il y a cette différence entre les uns et les autres, que, chez ces derniers, au lieu d'atteindre l'œuf en entier, la segmentation porte seulement sur une partie de l'œuf, à savoir, la *cicatricule*. Il en est de même chez les mollusques céphalopodes. Dans les figures de l'ouvrage de Kölliker (5), où nous saisissons

(1) *Ouvr. cit.*, p. 65.
(2) Voy. ci-dessus, p. 654.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1841, p. 523.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Paris, 1848.
(5) *Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden*. Zurich, 1844.

des traces de cette segmentation, nous nous apercevons de prime abord que le sillonnement n'atteint qu'une minime partie de l'œuf, située vers le petit bout et un peu sur le côté. Si l'on s'en tient aux dessins de Kölliker, le mode d'après lequel se ferait la segmentation chez les céphalopodes ressemble d'ailleurs parfaitement à celui que Coste a signalé chez les oiseaux, les reptiles écailleux et les poissons cartilagineux. Nous nous sommes assuré de cette ressemblance, en la vérifiant sur les pièces de Coste et sur les dessins qu'il a publiés d'après ces pièces. Aussi, quoique Kölliker n'en dise rien, il est à présumer que la portion de l'œuf qui, chez les céphalopodes, devient le siége unique de la segmentation, est une véritable cicatricule. Si la cicatricule, chez les céphalopodes, ne se distingue pas aussi facilement du reste de l'œuf que chez les vertébrés qui en ont une dont l'aspect, la couleur et toutes les apparences extérieures tranchent sur le vitellus, du moins elle paraît, par sa structure, être semblable à la cicatricule de ces vertébrés et remplir les mêmes fonctions.

Ces données sont, comme on va le voir, de nature à modifier l'opinion que les ovologistes se font de la cicatricule, et à changer les termes de la comparaison qu'ils établissent entre les œufs de tous les animaux, notamment entre les œufs d'oiseaux et les œufs de mammifères.

La découverte de la vésicule germinative, faite par Coste dans l'œuf des mammifères, parut donner d'abord la vraie signification de cet œuf que de Baer avait trouvé, mais qu'il n'avait pas su interpréter. Elle le fit assimiler à l'œuf de l'oiseau, et ce fut un grand pas en ovologie que l'établissement de cette similitude. Dans la comparaison des œufs des oiseaux avec ceux des mammifères et des autres animaux, trois éléments analogues semblaient se rencontrer toujours dans les uns et dans les autres : la membrane vitelline, le vitellus, la vésicule germinative.

Cependant là n'était pas toute la vérité. L'œuf des oiseaux, des reptiles écailleux, des poissons cartilagineux et des céphalopodes, ressemble à l'œuf de l'homme, des mammifères et de la majorité des espèces animales, en ce qu'il renferme les mêmes parties essentielles que celui-ci, les trois éléments que nous venons de nommer; mais il en diffère en ce qu'il contient un autre élément qui ne se retrouve pas dans l'œuf des autres animaux : cet élément est le *jaune proprement*

Le vitellus de l'œuf des mammifères n'est pas vésiculeux, mais simplement granuleux ; au contraire, le jaune de l'œuf de l'oiseau est formé, comme nous l'avons déjà fait observer, par de grandes vésicules renfermant une foule de granulations graisseuses ou albumineuses, c'est-à-dire par des éléments nutritifs. Mais la structure du vitellus des mammifères ressemble à celle de la cicatricule de l'oiseau, cette cicatricule étant, en effet, formée exclusivement, comme le premier, d'un amas de granules qui ne renferme aucune de ces grandes vésicules vitellines si caractéristiques.

Chez tous les animaux dont les œufs renferment du jaune, c'est-à-dire une masse de matière nutritive surajoutée au germe, ce jaune se compose de vésicules ou de cellules dont la forme, les dimensions, le contenu, peuvent varier suivant les classes, mais dont les caractères sont toujours distincts de ceux de la cicatricule et de ceux du vitellus des mammifères. Ainsi, ces vésicules sont grandes et remplies de granules chez les oiseaux ; leur dimension et leur contenu sont à peu près les mêmes chez les reptiles écailleux ; au lieu de granules, elles renferment, chez les raies, des corpuscules plus ou moins régulièrement carrés ou à formes géométriques, ainsi que l'a établi, le premier, J. Müller (1), etc. Mais aucune de ces formes ne peut être confondue avec celle des éléments de la cicatricule, ou du vitellus des autres animaux.

D'un autre côté, la masse du vitellus des mammifères et de la majorité des espèces animales, et la cicatricule des oiseaux, se ressemblent toujours sous le rapport de la structure.

Il est des animaux qui, à cet égard, sont, pour ainsi dire, intermédiaires aux uns et aux autres ; qui, sans avoir une cicatricule nettement limitée comme il arrive chez les oiseaux, sans avoir un vitellus homologue et partout identique avec lui-même, comme cela a lieu surtout chez les mammifères, ont un jaune mixte, composé d'éléments nutritifs et d'éléments germinatifs disséminés dans sa masse. Chez eux, la segmentation n'est pas bornée à la cicatricule comme chez les oiseaux ; elle ne s'étend pas non plus à tout le vitellus comme chez les mammifères ; elle s'opère sur une certaine étendue de la sphère vitelline. Elle porte sur une masse de granulations primitivement éparses, groupées après la fécondation vers un point déterminé du vitellus, et constituant un véritable germe, distinct de la masse des vésicules huileuses et albumineuses, ou des autres éléments nutritifs et accessoires qui ne participent nullement à ce singulier phénomène. C'est ce qui a lieu chez les poissons osseux, comme Coste l'a démontré.

Chez ces derniers, il n'y a, en quelque sorte, qu'une cicatricule vague ; chez les mammifères, au contraire, tout l'œuf est cicatricule. La cicatricule est donc, à proprement parler, l'œuf des oiseaux ; elle en est du moins la partie la plus importante, l'élément germinatif. Depuis longtemps, on savait que l'embryon du poulet se développe dans le point du jaune qui correspond à la cicatricule, et maintenant nous connaissons la raison de cette élection de lieu. Nous savons, en effet, que la cicatricule seule se segmente chez l'oiseau, tandis qu'une partie plus considérable de l'œuf se segmente chez les poissons osseux, et que toute la sphère vitelline subit la même modification chez les mammifères, les batraciens et un grand nombre d'invertébrés : or, ces parties qui se segmentent sont, à proprement parler, le *germe*.

Ce germe constitue à lui seul l'ovule des mammifères, il forme une assez grande

(1) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour l'année 1840.

partie de l'œuf chez les poissons osseux, il réside dans la seule cicatricule chez les oiseaux. Cet élément fondamental, *sphère vitelline* des mammifères, *cicatricule* des oiseaux, subit, chez ceux-ci et chez ceux-là, les mêmes modifications dans son développement : il se segmente. Si les phénomènes de segmentation présentent quelques différence d'aspect chez les uns et chez les autres, s'ils se manifestent ici par la formation de sphères organiques, là seulement par un sillonnement plus ou moins profond, cela tient à ce que le germe est isolé chez les premiers, tandis que, chez les seconds, il est en contact avec la masse du jaune. Mais, dans l'un et dans l'autre cas, la segmentation n'a qu'un seul et même but : le groupement ou l'agmination des éléments du germe en masses de plus en plus petites, le passage de ces masses, de ces sphérules organiques, à l'état de globules, et la transition de ces globules aux vésicules ou cellules qui ont pour destination de constituer le *blastoderme*.

Du reste, autant que nous pouvons en juger par la comparaison de tous les cas de segmentation actuellement connus, ces différences d'isolement du germe ou d'adjonction de ce germe à une quantité plus ou moins considérable de matière nutritive, tiennent simplement à de futures conditions d'existence. Chez les ovipares et les ovovivipares (dont les œufs, pourvus d'une coque, ne peuvent entrer en relation directe ni avec la mère, ni avec un milieu, tel que l'eau, où ils aient à puiser leurs premiers éléments nutritifs), le germe est à l'état de cicatricule plus ou moins délimitée, et une quantité de matière nutritive proportionnellement faible ou considérable, suivant les besoins de l'embryon à venir, lui est toujours surajoutée. Chez les mammifères, chez les batraciens, chez la plupart des mollusques et des autres animaux inférieurs qui se développent dans l'eau, ou dans tout autre milieu liquide propre à la nutrition de l'embryon, tel que le sang dans le sein maternel, le germe est seul, il constitue l'œuf tout entier, il se segmente complétement et ne porte avec lui aucun élément nutritif. Ce dernier cas est, en particulier, celui de l'espèce humaine.

[redacted]

nuleux, destinée à former l'embryon, ses membranes, ses appendices, ses appareils de nutrition transitoire : c'est le *blastoderme* (pl. I, fig. 9, fig. 10 *b*).

La segmentation du vitellus ayant pour conséquence le développement du blastoderme est le premier effet de la fécondation. Toutefois, si l'observation de Bischoff (1) est exacte, il n'est pas certain qu'une tendance à la formation de cette membrane embryogénique ne puisse pas se manifester indépendamment du contact de la liqueur séminale. En enlevant l'épithélium de l'extrémité de l'utérus d'une truie en chaleur tuée vers la fin du rut, avant qu'elle eût été couverte par le mâle, et portant huit corps jaunes sur chaque ovaire, Bischoff trouva sept œufs, dans la plupart desquels le vitellus était déjà partagé en un nombre considérable de sphères. Cela semble prouver que la formation des sphères vitellines peut commencer indépendamment de la fécondation : mais elle ne saurait aller bien loin, et il est probable que cette segmentation, opérée sous l'influence des seules forces qui animent l'élément germinateur femelle, s'arrête longtemps avant d'arriver à la production du blastoderme (*).

Peu de temps après que le blastoderme s'est organisé, une partie de sa surface s'obscurcit. Les cellules constituantes du blastoderme, qui maintenant semblent posséder un noyau central, sont, dans ce point obscur, plus multipliées, plus serrées, et pourvues de nombreux granules (pl. I, fig. 9, dans le haut de la vésicule blastodermique, fig. 10 *te*). Cette condensation des éléments blastodermiques a été appelée, par de Baer et Burdach, *cumulus proliger;* elle est connue, depuis Coste, sous le nom de *tache embryonnaire*, parce que c'est là que va bientôt se développer l'embryon.

Enfin, en même temps que ces phénomènes s'accomplissent, l'œuf s'est développé aux dépens de la masse albumineuse qui l'entourait dans la première partie de la trompe ; de sorte que, à mesure que son volume augmente, son enveloppe d'albumen diminue. Cette enveloppe albumineuse persiste plus longtemps chez le lapin ; mais, en général, elle finit par disparaître deux ou trois jours après l'arrivée de l'œuf dans l'utérus. Cet œuf est alors formé de deux vésicules emboîtées l'une dans l'autre : l'une externe, la membrane vitelline ; l'autre interne, le blastoderme, sur lequel apparaît la tache embryonnaire. Une petite quantité de liquide remplit sa cavité, et son volume total est environ cinq fois plus considérable qu'il n'était à l'ovaire. L'œuf arrive dans cet état à la matrice, ce qui a lieu, chez la femme, environ le huitième jour après la conception.

(1) *Ann. des sciences nat.*, 1844, p. 134.

(*) Quant à la rotation du jaune, que Bischoff (*Développ. de l'homme et des mammif.*, p. 68) croit avoir aperçue dans l'œuf des mammifères, et qu'il a comparée à la rotation de l'embryon des mollusques et de plusieurs autres animaux, aucun anatomiste n'a pu la voir, et Bischoff lui-même n'a pas dit l'avoir observée de nouveau. Ce phénomène serait d'ailleurs en opposition avec les idées que les autres faits doivent nous suggérer sur cette période du développement : chez les animaux qui offrent le singulier exemple de la rotation dans l'œuf, ce n'est pas le jaune segmenté qui tourne, mais le blastoderme ou plutôt l'embryon lui-même, pourvu de cils vibratiles, et bien autrement avancé dans son évolution que ne l'était le vitellus des mammifères qui a donné sujet à cette illusion.

Développements ultérieurs de l'œuf dans la matrice.— Amnios. — Vésicule ombilicale.— Allantoïde.

Ev. Home et Fr. Bauer (1) croient avoir trouvé, chez la femme, un œuf dans la matrice, au moment où il venait d'arriver dans cet organe, c'est-à-dire le huitième jour après la conception. Cet œuf était formé d'une enveloppe externe, membrane vitelline ; d'une enveloppe interne, membrane blastodermique, présentant dans une certaine étendue une condensation circulaire qu'on peut considérer comme la tache embryonnaire. E. Weber et E. H. Weber (2), A. Thomson (3), Wharton Jones (4), Volkmann (5), pensent aussi avoir rencontré des œufs, chez la femme, à cette période de développement. Mais toutes ces observations sont malheureusement trop incomplètes, et, par conséquent, incertaines. Il n'en est pas ainsi pour les époques plus avancées : nous possédons même actuellement de très bonnes descriptions et des figures exactes d'œufs humains ayant subi les développements que nous allons commencer à décrire, de sorte qu'à partir de cette période, l'ovologie humaine peut se passer presque entièrement des emprunts qu'elle a dû faire jusqu'ici à l'ovologie comparée.

Peu de temps après que la tache embryonnaire, ou l'*area germinativa*, comme la nomme Bischoff (6), s'est manifestée sur le blastoderme, on la voit, de circulaire qu'elle était d'abord, prendre une forme elliptique plus ou moins allongée, s'éclaircir dans sa partie moyenne, et offrir dans le milieu l'apparence d'une ligne longitudinale (pl. I, fig. 10, *al*, *le*), premier signal de l'organisation embryonnaire. Il nous suffira de dire ici que tout le développement de l'embryon se passe autour de cette ligne. Nous décrirons bientôt les formes organiques que l'on voit successivement surgir au-dessus, au-dessous d'elle, sur ses côtés; mais, pour l'instant, ne nous occupons que de l'œuf en lui-même et de la suite de son évolution.

A son arrivée dans la matrice, l'œuf est enveloppé seulement par la membrane vitelline. Par elle, il se met en rapport avec le milieu dans lequel il se trouve, et, comme il a besoin de fournir à son développement par une absorption énergique, des appendices plus ou moins ramifiés s'élèvent de la surface extérieure de cette membrane (pl. I, fig. 10, *mv*), s'enfoncent, à mesure qu'ils se développent, dans le tissu de la muqueuse utérine, et attachent l'œuf à la place qu'il occupera désormais. D'après Coste (7), c'est de la membrane vitelline que naissent directement ces premières villosités, aussi disparaissent-elles de très bonne heure avec cette même membrane vitelline, dont elles ne sont, pour ainsi dire, que des prolongements, des espèces d'appendices en cul-de-sac. Elles sont remplacées par de nouvelles villosités, développées sur une membrane sous-jacente, nouvelle enveloppe de l'œuf, *le feuillet externe du blastoderme*.

Qu'est-ce que ce feuillet externe du blastoderme? C'est ce qu'il faut d'abord faire comprendre.

(1) *Philos. Transact.*, 1817, p. 252, 260, pl. II.
(2) *Disquisitio anatomica uteri et ovariorum puellæ septimo a conceptione die defunctæ instituta.* Halle, 1830. — HILDEBRAND, *Anatomie*, t. IV, p. 466.
(3) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, 1839, n° 140, p. 119.
(4) *Philos. Transact.*, 1837, p. 341.
(5) MÜLLER'S *Archiv*, 1839, p. 248.
(6) *Développement de l'homme et des mammifères*, p. 89.
(7) *Hist. génér. et partic., etc.*, p. 82.

Quand la tache embryonnaire s'est formée, on remarque, dans le point même où elle est située et un peu au delà d'elle, que le blastoderme n'est plus simple : il est formé de deux feuillets adossés immédiatement l'un à l'autre, et consistant tous les deux en cellules qui renferment des noyaux. Les cellules du feuillet externe, qui est plus ancien, sont plus serrées et déjà en partie confondues entre elles ; les cellules du feuillet interne, qui est de formation plus récente, sont encore presque tout à fait rondes, très délicates, et contiennent moins de molécules. Le feuillet externe, au moyen duquel se développeront, à la partie centrale ou tache embryonnaire, les téguments et tous les organes de la vie de relation du nouvel être, porte le nom de *feuillet séreux* ou *animal*. Le feuillet interne, qui deviendra tube intestinal et vésicule ombilicale, est connu sous celui de *feuillet muqueux* ou *végétatif*. La formation de ces deux feuillets blastodermiques a été reconnue par C. H. Pander, de Baer (1), Coste (2), Bischoff (3), et tous les autres embryologistes. Plus tard, la division en deux feuillets s'étend à tout le pourtour du blastoderme, et l'œuf se trouve alors formé, en quelque sorte, de trois vésicules ou membranes concentriques : membrane vitelline, feuillet séreux et feuillet muqueux du blastoderme (pl. II, fig. 2, *v*, *e*, *i*). En même temps le blastoderme devient le siége de modifications dont les unes se passent dans son feuillet interne, les autres dans son feuillet externe. Occupons-nous d'abord de ces dernières.

Amnios.

Tandis que la portion centrale du feuillet séreux blastodermique se développe en embryon, la portion périphérique de ce même feuillet commence à se soulever en plis tout autour de cette ébauche organique, surtout à son extrémité céphalique et à son extrémité caudale. Ces plis se renversent bientôt en dehors et en bas, d'abord du côté de la tête, où ils donnent naissance à un capuchon céphalique (pl. II, fig. 3 et 4, *c*), puis du côté de la queue, où ils forment un capuchon caudal (pl. II, fig. 3 et 4 *c'*), et enfin sur les bords latéraux, d'où, allant à la rencontre les uns des autres, ils finissent par donner naissance à une sorte de poche connue sous le nom d'*amnios*.

Ces replis partent, comme l'on voit, de la face ventrale de l'embryon, et se dirigent les uns vers les autres du côté du dos, qu'ils enveloppent successivement, jusqu'à ce qu'ils se soient réunis en un point, situé à peu près vis-à-vis du milieu du dos, et qu'on a nommé, par analogie, *ombilic amniotique* (pl. II, fig. 5 et 6, *cc'*. Ils s'appliquent d'abord d'une manière immédiate à l'embryon, de sorte qu'à ce moment il n'existe pas, à proprement parler, de cavité amniotique ; plus tard, un liquide s'amasse entre la nouvelle membrane et l'embryon, les éloigne l'un de l'autre, et distend l'enveloppe que celui-ci vient d'acquérir.

En même temps que l'amnios se forme (pl. II, fig. 3, 4, 5, 6), le reste du feuillet externe (*e*) du blastoderme est, par le mécanisme de cette formation, éloigné du feuillet interne (*i*), et devient de plus en plus indépendant. Un liquide, s'interposant entre lui et les autres éléments internes de l'œuf (amnios, embryon et feuillet végétatif), finit par le séparer de ceux-ci jusqu'au point où a lieu la clôture du pli amniotique. Ce feuillet séreux ou externe, se trouvant ainsi détaché des parties profondes, s'applique, dans toute sa périphérie, à la face interne de

(1) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 92.
(2) *Embryogénie comparée*, p. 460.
(3) *Développement de l'homme et des mammifères*, p. 89.

la membrane vitelline qui constituait jusqu'ici la membrane externe de l'œuf; des villosités naissent de sa surface, et bientôt il remplace complétement cette première enveloppe extérieure (pl. II, fig. 6).

De Baer (1) a découvert le mécanisme de la production de l'amnios dans l'embryon d'oiseau et dans celui de plusieurs mammifères. Coste, Bischoff, Courty, l'ont décrit de la même manière.

On est surpris de voir Oken, Pockels (2), et plus tard Serres (3), inventer et soutenir, du moins pour l'espèce humaine, une hypothèse sans fondement et tout à fait en désaccord avec les résultats de l'observation : au lieu de faire procéder l'amnios de l'embryon, ces derniers anatomistes ont regardé le sac amniotique comme une vésicule particulière, primitivement indépendante de l'embryon, et dont celui-ci se coifferait, pour ainsi dire, en s'y enfonçant peu à peu. Velpeau (4) a défendu une autre hypothèse qui est aussi insoutenable, celle que l'embryon se forme dans l'amnios et que celui-ci a une ouverture pour livrer passage au cordon ombilical. Mais il ne saurait en être ainsi. Il existe, en effet, une relation directe entre l'amnios et l'embryon tout autour de cette vaste ouverture qui, se rétrécissant par la suite, deviendra l'ombilic du fœtus, et il est facile de se convaincre que l'amnios procède, en ce point, directement de l'embryon. Comment admettre, d'ailleurs, que l'amnios se développe d'une façon particulière dans l'espèce humaine, quand on le voit se développer par un mécanisme qui est le même pour tous, chez les animaux vertébrés qui en sont pourvus? La seule différence qu'on observe, c'est que l'ombilic amniotique se fait dans un point ou dans un autre, suivant les espèces; ainsi, tandis qu'il est situé à la région moyenne du dos chez le lapin, il répond à la partie postérieure du cou chez la brebis, à la région sacrée chez le poulet, etc. Enfin, au moment de l'occlusion de l'ombilic amniotique, il reste, entre l'amnios et l'autre portion du feuillet externe du blastoderme, un point de continuité (pl. II, fig. 6, *c' c*) qui démontre que l'amnios et cette portion du feuillet séreux résultent certainement du déploiement d'une seule et même membrane. Cette portion externe du feuillet séreux ne tient plus alors à l'amnios que par un pédicule qui répond à l'ombilic amniotique et qui finit lui-même par se détruire et disparaître entièrement, rendant ainsi l'amnios et l'embryon libres de toute adhérence avec l'enveloppe externe de l'œuf.

Ajoutons, comme dernier témoignage de ce mode de formation de l'amnios, que A. Thomson (5) a vu deux œufs humains, dont l'un offrait le commencement de la formation de cette enveloppe, et l'autre sa dernière période caractérisée par la présence d'un pédicule ou d'un petit cordon membraneux, tenant d'une part à l'amnios, d'autre part aux membranes externes de l'œuf. Ces embryons avaient de dix à quatorze jours. L'allantoïde n'était point encore développée.

On ne sait combien l'amnios met de jours à se développer dans l'espèce humaine. Mais s'il faut en juger par les animaux, ce phénomène, se manifestant dès l'origine de l'évolution et s'accomplissant chez eux en très peu de temps (vingt-quatre heures chez quelques espèces), ne doit guère mettre plus de quatre ou cinq jours à s'effectuer dans l'espèce humaine.

(1) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. II, p. 192.
(2) *Isis*, 1825, p. 1342.
(3) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XI, p. 234.
(4) *Ovologie*, p. 25.
(5) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, 1839, p. 119.

Le but immédiat de la formation de l'amnios est d'éloigner de l'embryon le reste du feuillet externe du blastoderme. En effet, cette portion du feuillet blastodermique est, en ce moment, non-seulement inutile, mais nuisible aux rapports directs qui doivent s'établir bientôt entre la matrice et le fœtus par l'intermédiaire des nouvelles enveloppes qui émaneront de l'embryon. Nous appellerons de nouveau l'attention sur ce fait, quand nous aurons décrit la formation de l'allantoïde.

Le but éloigné de la formation de l'amnios est de protéger l'embryon par l'enveloppe membraneuse qu'il lui fournit et par le liquide qui s'accumule peu à peu dans sa cavité.

Ce liquide, connu sous le nom d'*eaux de l'amnios*, limpide et hyalin au commencement de la gestation, devient plus tard moins transparent et un peu blanc jaunâtre.

Sa quantité varie, non-seulement aux diverses époques de la vie embryonnaire, mais encore chez les divers individus : en général, elle croît jusque vers le milieu de la grossesse, de sorte que l'amnios est distendu, repoussé contre les enveloppes de l'œuf auxquelles il finit par s'appliquer et adhérer assez fortement, tandis que l'embryon, suspendu par le cordon ombilical, nage librement dans son milieu (pl. II, fig. 7, *m*) ; mais, dans les derniers temps de la gestation, elle diminue, en raison de l'accroissement plus considérable du fœtus. Ordinairement, dans l'espèce humaine, son maximum ne dépasse pas un kilogramme, et, plus tard, elle se réduit à 500 grammes.

Le liquide amniotique a une réaction alcaline. Des diverses analyses données par Berzelius (1), Valentin (2), Vogt (3), Rees (4), Lassaigne (5), il résulte que sa composition chimique varie aux diverses époques de la grossesse et chez les divers sujets. Il contient, en général, de l'albumine, du chlorure sodique et de faibles quantités de phosphates, sulfates et carbonates de soude et de chaux. On y voit nager quelques flocons dans lesquels on reconnaît, au microscope, des noyaux de cellules et des cellules épithéliales, provenant de l'épiderme de l'embryon et de la couche épidermique qui tapisse la surface interne de l'amnios. Cl. Bernard (6) a constaté la présence du sucre de raisin dans les liquides amniotique et allantoïdien.

Quant à l'origine des eaux de l'amnios, on ne peut l'attribuer ni aux vaisseaux de cette membrane, puisqu'elle n'en possède pas, ni à aucun des organes internes du fœtus, puisque la présence des eaux est antérieure au développement de ces organes. On doit admettre qu'elles sont exhalées par toute la surface de l'amnios aussi bien que par la peau du fœtus. Quoique l'amnios ne renferme pas de vaisseaux, il se laisse pénétrer par les liquides albumineux qui l'entourent et qui proviennent de l'utérus, il crée à leurs dépens la couche épithéliale qui tapisse sa face interne, il s'accroît, il est enfin le siége d'un travail nutritif non équivoque, parallèle à celui qui préside au développement de l'embryon. On peut donc facilement comprendre et admettre que ce travail s'étende jusqu'à la production d'un liquide aussi indispensable que le sont les eaux de l'amnios au développement et à la conservation du fœtus.

(1) *Traité de chimie*, trad. franç., t. VII, p. 564.
(2) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte*, p. 113.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1837, p. 67.
(4) *London Med. Gaz.*, 1838, p. 461.
(5) *Journ. de chim. méd.* Paris, 1840, p. 190.
(6) Communication faite à la Société de biologie, dans la séance du 5 octobre 1850.

Vésicule ombilicale.

Tandis que le feuillet externe du blastoderme, qui se continue dans les premiers temps avec la couche tégumentaire de l'embryon, forme, par le procédé que nous venons de décrire, l'amnios et l'enveloppe extérieure de l'œuf, le feuillet interne *i* (pl. II, fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7) de cette même membrane, qui se continue primitivement avec les parois futures de l'intestin *i'* (fig. 5 et 6), s'en sépare peu à peu pour former l'enveloppe d'une vésicule distincte *o*, à laquelle on a donné le nom de *vésicule ombilicale.* Communiquant largement avec l'intestin, dans les premiers temps de la vie embryonnaire, elle s'en distingue, plus tard, pour s'isoler chaque jour davantage (fig. 4, 5, 6, 7), à tel point que le canal qui la mettait en relation avec lui, après s'être rétréci de plus en plus, finit par se réduire à un simple pédicule *p.* Mais, durant toute la première période du développement, la vésicule ombilicale et l'intestin ne sont que deux compartiments d'une seule et même cavité : ce fait, nié longtemps pour l'espèce humaine, est aujourd'hui prouvé surabondamment par l'inspection des œufs du premier mois de la gestation observés par divers embryologistes.

Des communications vasculaires s'établissent de très bonne heure entre la vésicule ombilicale et l'embryon. Les vaisseaux qui servent à les établir se trouvent d'abord au nombre de quatre : ce sont deux veines pénétrant dans l'embryon et se jetant dans le vestibule du cœur, puis deux artères qui sortent de l'embryon, après s'être séparés de l'aorte abdominale vers le milieu de sa longueur. Ils portent le nom de *vaisseaux omphalo-mésentériques*, et forment, par leurs divisions terminales sur la vésicule ombilicale, un réseau vasculaire très riche que l'on rencontre quelquefois fortement injecté : nous y reviendrons en parlant des diverses formes de la circulation embryonnaire.

La région par laquelle la vésicule ombilicale se continue avec l'intestin prend le nom d'*ombilic intestinal*, par analogie avec l'ombilic proprement dit, ou ombilic cutané que forment les bords des parois thoraciques et ventrales de l'embryon, à l'aide d'un mécanisme que nous aurons bientôt à décrire. Enfin, le canal qui fait communiquer d'abord largement la cavité de l'intestin avec celle de la vésicule ombilicale, s'appelle *conduit omphalo-mésentérique* ou *vitello-intestinal :* de court et large qu'il était d'abord, il devient bientôt long et étroit, et finit par s'oblitérer, vers le trente-cinquième jour, de manière à n'être plus qu'une sorte de pédicule.

Quant au point de l'intestin auquel aboutit ce canal, ce n'est ni le cæcum, ni son appendice, comme l'ont cru Oken et un grand nombre d'anatomistes. Le tube digestif est d'abord droit de la bouche à l'anus, largement ouvert, et à l'état de simple gouttière. Plus tard, il se clôt, s'allonge, et par suite s'incurve, en formant une anse qui se projette vers l'ombilic où elle constitue, pendant quelque temps, une véritable hernie ombilicale normale. Cette première anse intestinale (pl. II, fig. 5, 6, 7, *i'*), qui prend plus tard le nom d'*anse iléo-cæcale*, se continue par sa convexité avec le pédicule de la vésicule ombilicale. Le cæcum commence à se former, il est vrai, dans un point assez rapproché du canal vitellin ; mais il s'en éloigne ensuite de plus en plus, par l'accroissement même de la portion iliaque du tube intestinal.

La vésicule ombilicale se forme de la même manière chez les oiseaux et chez les mammifères. Mais elle a une fin bien différente chez les uns et chez les autres.

Chez les oiseaux, elle persiste jusqu'au terme du développement de l'embryon

et devient le siége d'une absorption étendue, dont il sera fait mention à propos de la nutrition du fœtus. La masse de jaune, contenue dans la vésicule ombilicale, est une matière nutritive destinée au développement du poulet, même après que celui-ci est sorti de la coquille; car, dans ce moment encore, la vésicule existe, et ne continue pas moins à nourrir le jeune animal : seulement, elle est renfermée dans l'intérieur de la cavité abdominale.

Au contraire, chez la plupart des mammifères, et surtout chez l'homme, elle ne prend qu'un faible développement et perd de bonne heure toute importance relativement à l'œuf et à l'embryon. C'est à tel point que, dans l'espèce humaine, elle semble n'exister que par analogie; à peine peut-on concevoir qu'elle serve à la nutrition de l'embryon, même pendant les premiers jours de son développement. Dès la fin du premier mois, elle a parcouru, dans l'œuf humain, toutes les phases de son évolution, et se trouve placée, par suite de l'allongement de son pédicule, à une assez grande distance de l'embryon, entre l'amnios et l'enveloppe extérieure de l'œuf (pl. II, fig. 7, *o*). Sa communication avec l'intestin s'efface complétement du trente-cinquième au quarantième jour; sa richesse vasculaire diminue, et bientôt disparaissent une des deux veines, puis une artère du même côté, enfin la substance même de la vésicule. L'artère et la veine persistantes s'atrophient, il ne reste bientôt plus, de la vésicule ombilicale, qu'une trame vasculaire refoulée, comprimée en dehors de l'amnios, où l'on continue de l'apercevoir encore, d'après Courty (1), jusqu'au quatrième ou cinquième mois, et quelquefois même, d'après Bischoff (2), jusque vers la fin de la grossesse.

Allantoïde.

Pendant que la vésicule ombilicale s'isole de l'intestin, on voit naître de l'extrémité postérieure de ce même intestin une petite vésicule d'abord ronde, puis pyriforme, très vasculaire, destinée à jouer un rôle fort important dans les phénomènes ultérieurs du développement de l'œuf : c'est l'*allantoïde* (pl. II, fig. 4, *a*, et pl. I, fig. 12, *a*). Les opinions ont été longtemps partagées sur le mode général de formation de l'allantoïde, et sur son existence dans l'espèce humaine. Reichert (3) a prétendu, après Serres, que, chez le poulet, l'allantoïde se développe primitivement sous la forme de deux petites éminences solides : ces deux élevures, situées à l'extrémité des corps de Wolff, communiquant même avec les conduits excréteurs de ces derniers, se confondraient peu à peu entre elles, pour former d'abord une éminence aplatie, qui prendrait bientôt à son tour l'aspect d'une vésicule. Coste (4), Courty (5), Bischoff (6), ont décrit, après de Baer, Rathke, Valentin et autres, cette vésicule comme une sorte d'excroissance médiane de la portion d'intestin qui est en rapport avec l'extrémité caudale de l'embryon.

Cette excroissance forme peut-être, dans le principe, une masse pleine, à la surface de laquelle de nombreux vaisseaux se développent. Mais bientôt elle est manifestement creuse, et, dès qu'on peut la saisir sous la forme d'une vésicule et lui reconnaître une cavité, on découvre aussi la communication de cette cavité avec

(1) *De l'œuf et de son développement*, p. 124.
(2) *Développement de l'homme*, p. 158.
(3) *Das Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*, p. 186.
(4) *Embryologie comparée*, p. 117, 135.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 106.
(6) *Développement de l'homme*, p. 120.

celle de l'intestin. Aussi peut-on dire qu'alors l'intestin, la vésicule ombilicale, l'allantoïde, sont trois lobes de la grande vésicule primitive formée par le feuillet interne de la membrane blastodermique.

Aussitôt qu'on a pu constater sur un œuf l'existence de la vésicule allantoïdienne, on voit celle-ci croître rapidement, et devenir, en peu de temps, un des organes les plus utiles à l'embryon. Les vaisseaux auxquels elle sert de support ont reçu le nom de *vaisseaux allantoïdiens* ou *ombilicaux*. Ils sont au nombre de quatre: deux artères qui proviennent des aortes inférieures, et constituent à une autre époque deux branches de l'iliaque; deux veines qui finissent par se réunir en un seul tronc, pour gagner le vestibule du cœur, en traversant le foie, et se jeter, plus tard, dans la veine cave. Bientôt nous aurons à nous occuper plus longuement de ce système vasculaire.

Quant à l'allantoïde elle-même, la formation de l'ombilic cutané, en amenant la clôture des parois du ventre, la divise bientôt en deux portions, l'une interne, l'autre externe, séparées par une partie moyenne. La portion interne, renfermée dans la cavité abdominale de l'embryon, est destinée à former la vessie urinaire (pl. II, fig. 5, 6, 7, *n*). La partie moyenne, traversant l'ombilic et toute la longueur du cordon ombilical, se resserre d'abord en un canal, plus tard en un cordon ligamenteux: elle a reçu, dans la portion qui avoisine la vessie, le nom d'*ouraque*; elle forme, dans le reste de son étendue, un pédicule à la portion externe de l'allantoïde, et concourt à la formation du cordon ombilical (pl. II, fig. 5, 6, 7, *r*).

La portion externe ne tarde pas à devenir une des parties les plus essentielles de l'œuf: à elle seule, elle constitue, à proprement parler, l'allantoïde, et, bien qu'elle se comporte diversement chez les divers animaux, elle offre néanmoins, chez tous ceux qui en sont munis, un caractère commun dans les phénomènes généraux de son évolution. Qu'elle doive servir à la respiration, comme chez les oiseaux, ou à l'absorption des sucs nutritifs, comme chez les mammifères et l'homme même, elle prend un accroissement rapide auquel participent ses nombreux vaisseaux. Elle gagne l'enveloppe extérieure de l'œuf, s'applique à sa face interne, se déploie sur toute l'étendue de cette paroi, se soude à elle, et constitue dès lors, pour l'œuf, une nouvelle membrane située entre l'amnios et l'enveloppe externe (pl. II, fig. 5, 6, *a*). Enfin des villosités croissent à sa surface, pénètrent dans celles qui existaient déjà sur l'enveloppe de l'œuf, et donnent à ce nouvel organe le plus grand degré de développement auquel il doive atteindre (pl. II, fig. 6, *q*). Nous verrons bientôt, en étudiant, d'une manière spéciale, la formation du chorion et du placenta, le rôle que doit jouer l'organe dont il s'agit, et le but final auquel il est destiné dans l'espèce humaine.

L'existence de l'allantoïde dans l'espèce humaine ne peut être, d'ailleurs, l'objet d'aucun doute. Les cas dans lesquels on l'a observée sont assez nombreux aujourd'hui, pour qu'on puisse décrire toutes les périodes de son développement, depuis sa forme vésiculaire jusqu'à l'époque où, suivant dans tout le pourtour de l'œuf une marche rétrograde, elle concentre les progrès de son évolution dans le lieu destiné à la formation du placenta. Coste (1) l'a vue le premier, sous la forme d'une vésicule pyriforme dont le pédicule creux était en communication avec l'extrémité

(1) *Embryologie comparée*, pl. III, fig. 3.

son étendue. Celle-ci s'atrophie alors et finit par disparaître; le feuillet séreux reste seul, devient à son tour l'enveloppe extérieure de l'œuf, succède, dans ses fonctions, à la membrane vitelline, et constitue, d'après Coste, un *deuxième chorion* (pl. II, fig. 5, où l'on a ponctué la membrane vitelline *v*, pour indiquer qu'elle disparaît graduellement devant le feuillet séreux du blastoderme). Ce deuxième chorion est totalement dépourvu de vaisseaux comme le premier.

Cependant l'allantoïde, sortant du ventre et portant avec elle les vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux, prend l'accroissement rapide déjà indiqué, se réfléchit tout autour de l'œuf, s'applique contre la paroi interne du chorion existant alors, et se couvre bientôt de villosités. Ces villosités poussent au-devant d'elles le feuillet externe du blastoderme, et portent de nombreuses ramifications vasculaires qu'elles entraînent dans leur développement: dès lors, elles commencent à déterminer l'atrophie de celles qui les avaient précédées, et finissent par se substituer tout à fait à elles, pour former à leur tour un nouveau chorion (pl. II, fig. 6). Tel est, toujours d'après Coste, le *troisième chorion*, qui est à la fois villeux, vasculaire, et persiste jusqu'à la fin de la gestation en subissant des modifications plus ou moins profondes.

Les villosités du chorion de l'œuf humain avaient déjà été décrites et figurées avec assez de précision par Carus (1), Velpeau (2), Seiler (3), de Baer (4), Breschet et Gluge (5), R. Wagner (6), et plusieurs autres anatomistes. Nous avons eu l'occasion de les voir plusieurs fois, sur des œufs normaux contenus dans la matrice. Nul doute qu'elles ne puisent, dans la caduque, les sucs dont elle est imprégnée, les matériaux plastiques nécessaires au développement de l'œuf: cette fonction s'opère d'abord par simple imbibition, alors qu'aucun vaisseau n'entre dans leur texture. Mais on ne peut admettre qu'elles soient destinées à la respiration, et les comparer, comme le fait Serres (7), à de véritables branchies pénicillées, plongeant dans le prétendu hydropérione, pour y accomplir cette fonction, dont on a cherché partout le siége, sans se demander auparavant jusqu'à quel point elle s'exerçait chez le fœtus.

Bischoff (8) prétend que le chorion de l'homme ne devient jamais vasculaire. Cette opinion est la conséquence de la fausse théorie qu'il a admise sur le développement de l'allantoïde. Pour nous, qui avons vu l'allantoïde se réfléchir tout autour de l'œuf et venir former le troisième chorion, nous avons reconnu aussi les vaisseaux portés par ce nouvel organe dans toutes les villosités. L'allantoïde même n'a pas d'autre destination que de répandre, par toute l'enveloppe de l'œuf, cette richesse vasculaire si nécessaire à l'accroissement de l'embryon. Elle est le soutien d'un réseau luxuriant qui provient des divisions et des subdivisions des vaisseaux ombilicaux, se prolonge, par extension et par formation nouvelle, sur tous les rameaux de ses villosités, et se substitue aux villosités anciennes qu'il finit par annihiler.

Il est vrai que cette richesse villeuse et vasculaire ne dure pas longtemps; ou,

(1) SIEBOLD'S *Journal*, t. VIII, cah. 1.
(2) *Ovologie et embryologie*. Paris, 1833.
(3) *Die Gebärmutter und das Ei des Menschen*, t. IX et X.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, t. II.
(5) *Ann. des sciences nat.*, t. VII, p. 227.
(6) *Icones physiologicæ*, tab. VIII.
(7) *Ann. des sciences nat.*, t. XI, p. 325.
(8) *Ouvr. cit.*, p. 142.

Tel est le mode de formation de l'*amnios*, de la *vésicule ombilicale* et de l'*allantoïde*. Ce sont là trois parties essentielles de l'œuf, dont nous allons suivre encore le développement, en décrivant la manière dont se constituent le chorion, ou plutôt les chorions, le placenta, et le cordon ombilical. Mais auparavant il importe de faire remarquer la relation qui existe entre deux de ces organes, l'amnios et l'allantoïde. Nous observons une allantoïde et un amnios chez les mammifères, les oiseaux et la plupart des reptiles; au contraire, les batraciens et les poissons sont dépourvus de l'un et de l'autre. Le développement de l'amnios et celui de l'allantoïde semblent donc être corrélatifs: celui-là ne semble se former que pour permettre à celle-ci de se développer. L'amnios, en effet, n'est pas seulement un organe de protection pour l'embryon, une enveloppe particulière destinée à lui ménager un milieu liquide favorable à sa suspension ; sa formation est encore une sorte d'artifice par lequel le feuillet externe du blastoderme est éloigné de son feuillet interne, le tégument extérieur écarté de l'intestin, et à la faveur duquel la paroi ventrale de l'embryon conserve, pendant le temps nécessaire, une ouverture par laquelle l'allantoïde puisse s'échapper, se projeter en dehors, et prendre toute l'extension indispensable au développement ultérieur du fœtus (*).

Derniers développements de l'œuf dans la matrice. — Chorion. — Placenta. — Cordon ombilical.

On entend généralement par *chorion* la membrane la plus externe de l'œuf. Simplement villeuse, dans toute son étendue, jusqu'à une certaine époque du développement, cette membrane devient ensuite villeuse et vasculaire. Plus tard, elle perd, avec son épaisseur, ses villosités et ses vaisseaux, dans la plus grande partie de sa surface. Elle ne forme plus alors, dans tous ses points, le placenta excepté, qu'une enveloppe mince, lisse, destinée à se rompre au moment de l'accouchement.

Suivant Coste (1), après que l'œuf est arrivé dans la matrice, sa *membrane vitelline* se couvre de végétations plus ou moins ramifiées, s'enfonçant, à mesure qu'elles se développent, dans le tissu de la muqueuse utérine, et attachant ainsi l'œuf à la place qu'il doit occuper désormais. Cette membrane établit, à elle seule, les premières relations de l'œuf avec ce qui l'entoure ; elle est l'organe par lequel sont absorbés les sucs ambiants dont l'embryon se nourrit, et forme pour Coste un *premier chorion* non vasculaire (pl. I, fig. 10). Bischoff (2) regarde ces villosités comme le rudiment de celles qui garniront, à une autre époque, le chorion vasculaire. Mais il n'en est pas ainsi : ces villosités sont tout à fait transitoires et même elles disparaissent de très bonne heure, avec la membrane vitelline dont elles sont des prolongements, pour être remplacées par de nouvelles villosités provenant elles-mêmes d'une nouvelle membrane.

En effet, à mesure que l'œuf se développe et que l'amnios se forme, le feuillet externe ou séreux du blastoderme est refoulé peu à peu, ainsi que nous l'avons vu, contre cette membrane vitelline, et la double, pour ainsi dire, dans toute

(*) De Baer et Remak avaient reconnu que l'*amnios* jouit d'une contractilité propre chez l'embryon de la poule. Plus récemment, A. Vulpian a constaté que cette même propriété existe aussi dans le feuillet profond de l'*allantoïde*, qui contient de nombreux éléments musculaires (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 2e sem., t. XLV, p. 222).

(1) *Hist. génér. et partic.*, p. 82.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 140.

son étendue. Celle-ci s'atrophie alors et finit par disparaître; le feuillet séreux reste seul, devient à son tour l'enveloppe extérieure de l'œuf, succède, dans ses fonctions, à la membrane vitelline, et constitue, d'après Coste, un *deuxième chorion* (pl. II, fig. 5, où l'on a ponctué la membrane vitelline *v*, pour indiquer qu'elle disparaît graduellement devant le feuillet séreux du blastoderme). Ce deuxième chorion est totalement dépourvu de vaisseaux comme le premier.

Cependant l'allantoïde, sortant du ventre et portant avec elle les vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux, prend l'accroissement rapide déjà indiqué, se réfléchit tout autour de l'œuf, s'applique contre la paroi interne du chorion existant alors, et se couvre bientôt de villosités. Ces villosités poussent au-devant d'elles le feuillet externe du blastoderme, et portent de nombreuses ramifications vasculaires qu'elles entraînent dans leur développement: dès lors, elles commencent à déterminer l'atrophie de celles qui les avaient précédées, et finissent par se substituer tout à fait à elles, pour former à leur tour un nouveau chorion (pl. II, fig. 6). Tel est, toujours d'après Coste, le *troisième chorion*, qui est à la fois villeux, vasculaire, et persiste jusqu'à la fin de la gestation en subissant des modifications plus ou moins profondes.

Les villosités du chorion de l'œuf humain avaient déjà été décrites et figurées avec assez de précision par Carus (1), Velpeau (2), Seiler (3), de Baer (4), Breschet et Gluge (5), R. Wagner (6), et plusieurs autres anatomistes. Nous avons eu l'occasion de les voir plusieurs fois, sur des œufs normaux contenus dans la matrice. Nul doute qu'elles ne puisent, dans la caduque, les sucs dont elle est imprégnée, les matériaux plastiques nécessaires au développement de l'œuf: cette fonction s'opère d'abord par simple imbibition, alors qu'aucun vaisseau n'entre dans leur texture. Mais on ne peut admettre qu'elles soient destinées à la respiration, et les comparer, comme le fait Serres (7), à de véritables branchies pénicillées, plongeant dans le prétendu hydropérione, pour y accomplir cette fonction, dont on a cherché partout le siége, sans se demander auparavant jusqu'à quel point elle s'exerçait chez le fœtus.

Bischoff (8) prétend que le chorion de l'homme ne devient jamais vasculaire. Cette opinion est la conséquence de la fausse théorie qu'il a admise sur le développement de l'allantoïde. Pour nous, qui avons vu l'allantoïde se réfléchir tout autour de l'œuf et venir former le troisième chorion, nous avons reconnu aussi les vaisseaux portés par ce nouvel organe dans toutes les villosités. L'allantoïde même n'a pas d'autre destination que de répandre, par toute l'enveloppe de l'œuf, cette richesse vasculaire si nécessaire à l'accroissement de l'embryon. Elle est le soutien d'un réseau luxuriant qui provient des divisions et des subdivisions des vaisseaux ombilicaux, se prolonge, par extension et par formation nouvelle, sur tous les rameaux de ses villosités, et se substitue aux villosités anciennes qu'il finit par annihiler.

Il est vrai que cette richesse villeuse et vasculaire ne dure pas longtemps; ou,

(1) SIEBOLD'S *Journal*, t. VIII, cah. 1.
(2) *Ovologie et embryologie*. Paris, 1833.
(3) *Die Gebärmutter und das Ei des Menschen*, t. IX et X.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, t. II.
(5) *Ann. des sciences nat.*, t. VII, p. 227.
(6) *Icones physiologicæ*, tab. VIII.
(7) *Ann. des sciences nat.*, t. XI, p. 325.
(8) *Ouvr. cit.*, p. 142.

plutôt elle se concentre sur un point et s'efface sur tous les autres. Elle existe dans toute sa plénitude, du vingt-cinquième au trentième jour. Plus tard, les villosités commencent à s'atrophier dans toute la partie du chorion opposée à celle qui répond aux vaisseaux ombilicaux, ou, du moins, aux troncs de ces mêmes vaisseaux. Les villosités les plus éloignées de cet endroit perdent d'abord leur vascularité, puis diminuent de volume, et finissent par disparaître presque entièrement. Il en est ainsi, de proche en proche, jusqu'au niveau du point par lequel l'œuf est fixé à l'utérus; de sorte que, vers le troisième mois, l'œuf est devenu presque lisse à sa surface externe (pl. II, fig. 7, *a'*, *q'*).

Placenta.

Tandis que le chorion est devenu chauve dans le reste de son étendue, il a pris dans le point par lequel il tient à la matrice un développement si considérable, qu'il constitue bientôt en ce lieu un organe nouveau : le *placenta.*

Les villosités vasculaires continuant à croître sans interruption, et poussant sans cesse de nouvelles branches latérales, chacun d'elles peut être considérée comme la racine d'un arbre, dont les ramifications, touffues, serrées les unes contre les autres, et pour ainsi dire enchevêtrées, pénètrent le tissu utérin de la même manière que les racines végétales s'enfoncent dans le sol. Nous dirons bientôt par quelle disposition particulière le tissu de l'utérus se prête à cette pénétration; comment il enveloppe ces villosités qui tendent à plonger dans ses propres replis et à faire corps avec lui, par quel mécanisme enfin se forme le placenta maternel. Mais faisons-nous d'abord une idée exacte de la portion fœtale de cet organe qui va devenir la partie la plus importante de l'œuf, la source de tous les matériaux nutritifs de l'embryon.

Si l'on examine l'œuf humain, encore contenu dans la matrice, aux principaux âges de son développement, on voit les villosités du chorion, qui devront former le placenta, se développer davantage à mesure que les autres villosités s'effacent, et représenter une sorte de touffe à pédicules volumineux et ramifiés à l'infini

vaisseaux ombilicaux réduits eux-mêmes à une veine et à deux artères, le tissu de nature fibroïde qui les unit, et la gaîne amniotique qui les entoure.

La veine occupe ordinairement l'axe du cordon et les artères s'enroulent uniformément autour d'elle. Ces circonvolutions des artères dans le cordon vont habituellement de gauche à droite, à partir de l'embryon. Elles peuvent tenir, soit à ce que les vaisseaux croissent plus vite dans l'intérieur de la gaîne que ne le fait cette dernière, soit à ce que, en se prolongeant à partir de l'embryon, les vaisseaux croissent sous forme spirale. Outre ces circonvolutions, il en est d'autres qui s'étendent à la totalité du cordon, et qui dépendent sans doute des torsions de l'embryon lui-même. Les vaisseaux du cordon sont entièrement dépourvus de valvules. La veine ombilicale est quelquefois double, et même triple ; au contraire, on ne rencontre parfois qu'une seule artère ombilicale, surtout chez les monstres. Dans certains cas, la totalité du cordon ombilical est divisée en deux branches, à une distance plus ou moins considérable du ventre de l'embryon.

Les vaisseaux du cordon et son enveloppe amniotique sont unis par un tissu cellulaire imprégné d'un liquide limpide, un peu épais, albumineux, désigné sous le nom de gélatine de Wharton. Suivant les diverses quantités de liquide renfermées dans le cordon, on a l'habitude, en tocologie, de donner à celui-ci les noms de cordon maigre, ou de cordon gras. Le tissu interfuniculaire avait été pris par Fohmann pour un lacis très serré de lymphatiques ; mais il résulte des observations microscopiques que l'on ne peut y admettre comme certaine l'existence de ces vaisseaux. Quant aux nerfs, Schott (1) et G. Valentin (2) affirment avoir vu des filets provenant des plexus hépatique, hémorrhoïdal ou utérin, accompagner les vaisseaux du cordon à quelques centimètres de l'ombilic.

Rarement le cordon ombilical s'insère au placenta perpendiculairement à sa surface. Au contraire, cette insertion est presque toujours oblique, et plus rapprochée du bord que du centre du gâteau placentaire. Quelquefois elle se fait au bord même du placenta, cas auquel les accoucheurs ont donné le nom de placenta en raquette. D'autres fois, enfin, elle s'opère au delà de ce bord, en un autre endroit quelconque du chorion : les vaisseaux du cordon parcourent alors l'épaisseur du chorion, écartés les uns des autres et souvent très ramifiés, jusqu'à ce qu'ils atteignent le bord du placenta où ils se répandent ensuite à la manière ordinaire. Ce dernier cas, rare d'ailleurs, étudié par Benngiesser (3), tient à un défaut de correspondance entre le point interne du chorion sur lequel s'est réfléchie l'allantoïde, et le point externe de cette membrane par lequel se sont établies les relations de l'œuf à l'utérus : il peut entraîner des accidents, surtout la mort par hémorrhagie, lorsque les vaisseaux qui rampent dans le chorion se rompent avec cette enveloppe fœtale, au moment de l'accouchement.

La longueur du cordon varie beaucoup, depuis l'extrême limite de 4 à 5 centimètres jusqu'à celle d'un mètre et même davantage.

L'excès de longueur du cordon ombilical peut donner lieu tantôt à la formation de nœuds sur son trajet, tantôt à son entortillement autour du cou ou de quelqu'un des membres du fœtus. C'est sans doute aux mouvements de ce dernier qu'on doit attribuer l'une et l'autre disposition.

(1) *Die Controverse über die Nerven des Nabelstranges und seiner Gefässe.* Francfort, 1816.
(2) *Repertorium*, t. II, p. 151.
(3) *Dissert. de hæmorrhagia inter partum orta ex rupto venæ umbilicalis ramo.* Heidelberg, 1831.

Rapports de l'œuf avec la matrice. — Membrane caduque.

Quand tous les phénomènes que nous avons décrits précédemment se sont accomplis, quand l'amnios, distendu par le liquide amniotique, s'est appliqué contre la face interne du chorion, le développement de l'œuf est achevé et la composition de ses membranes s'est réduite à une simplicité extrême. En effet, il n'existe plus que le chorion, dépourvu presque entièrement de ses villosités et collé sur l'amnios qui le double intérieurement dans toute son étendue.

Le chorion, la vésicule ombilicale, l'allantoïde, ont des formes différentes chez les divers animaux, d'où résultent aussi des différences correspondantes dans la forme de l'œuf. Ainsi, chez les ruminants, l'œuf est allongé, fusiforme, et son allantoïde bicorne, pourvue d'un nombre considérable de cotylédons; chez le chien et les carnassiers, il est ovoïde et son allantoïde est aussi bicorne, mais dans une direction inverse de celle qu'elle affecte chez les ruminants, d'où la disposition transversale et la forme zonaire du placenta; chez l'homme et plusieurs autres mammifères, l'œuf est sphérique et l'allantoïde, répandue d'abord sur toute sa périphérie, concentre son développement vasculaire en un point limité où elle forme un placenta discoïde, ou, comme on l'a nommé, un gâteau placentaire.

L'amnios, par son aspect, sa disposition anatomique, ses fonctions, est une véritable séreuse, dans laquelle le fœtus est contenu, comme le canal intestinal est contenu dans le péritoine, le cœur dans le péricarde. Le chorion, dépouillé de toutes ses villosités et de ses vaisseaux, se trouve réduit, de son côté, à un tissu fibreux qui, par sa disposition et ses rapports, joue, à l'égard de l'amnios, le rôle d'une membrane résistante d'enveloppe ou de soutien. La surface lisse et polie de l'amnios est baignée par le liquide amniotique, dans lequel est plongé l'embryon qui, par le cordon ombilical, tient au gâteau placentaire destiné à le mettre lui-même en communication avec l'utérus.

Ces membranes sont presque les seules enveloppes de l'embryon arrivé au troi-

d'abord aux dépens de son fond, permet à l'extrémité pelvienne du fœtus de s'y loger, dès ce moment, avec plus de facilité qu'elle ne pourrait le faire dans la partie rapprochée du col. Nous verrons, plus loin, quelle est d'ailleurs la position la plus favorable à l'accouchement.

L'amnios et le chorion persistent jusqu'à la naissance, et la parturition est immédiatement précédée de la rupture de ces membranes, dont la saillie, à travers le col de l'utérus dilaté, constitue la *poche des eaux*.

Ces membranes ne sont pourtant pas les seules à se rompre, les seules qui aient concouru à constituer l'enveloppe de l'œuf. Il faut y ajouter, pour ne rien omettre, le *feuillet réfléchi de la caduque*, qui, dès une époque peu avancée de la grossesse, fait corps avec le chorion. Pour ne pas scinder un seul et même sujet, nous avons renvoyé jusqu'ici l'étude de cette enveloppe la plus externe de l'œuf (*caduque*), qui sert, non-seulement à retenir l'œuf et à le protéger, mais encore à établir entre le fœtus et la matrice, du côté de la mère, les mêmes relations que nous avons vu le placenta réaliser du côté de l'embryon.

La *membrane caduque* n'est autre chose que la muqueuse de l'utérus développée, hypertrophiée et appropriée aux fonctions qu'elle doit remplir pendant la gestation. Cette opinion étant nouvelle, du moins envisagée à un point de vue aussi absolu, et se trouvant en opposition avec une théorie de la formation de la caduque, qui régna longtemps dans la science, il importe d'en démontrer toute l'exactitude. Pour cela, reportons-nous à ce que nous avons déjà dit de la muqueuse utérine, en parlant de la menstruation, et rappelons les détails de structure essentiels à connaître pour donner au rapprochement que nous allons faire toute sa valeur scientifique.

Il est d'abord hors de doute aujourd'hui qu'*il existe une muqueuse dans l'utérus*. Son épaisseur est telle qu'elle dépasse celle de tous les autres téguments internes du corps. On ne concevrait pas qu'on eût pu nier aussi longtemps l'existence de cette membrane, si l'on ne savait que sa structure apparente diffère notablement de celle de la plupart des autres muqueuses. Mais doit-on s'étonner d'observer une différence dans l'aspect de tissus destinés à des usages différents? D'ailleurs, il y a au fond plus de ressemblance qu'on ne le supposerait d'abord, entre la muqueuse utérine et les autres membranes connues depuis longtemps sous le même nom. Voici les principaux caractères de cette partie importante de l'organe gestateur :

Très épaisse au milieu de la cavité du corps de l'utérus, où elle atteint souvent en profondeur le quart des parois de cet organe, la muqueuse de la matrice s'amincit assez brusquement vers l'orifice des trompes, ainsi qu'au niveau de la jonction du corps avec le col : elle devient si mince, dans toute l'étendue du col, qu'elle ne dépasse pas ordinairement, dans ce point, l'épaisseur d'un millimètre. Les différences d'aspect général, de coloration et de texture, ne permettent pas de méconnaître les limites qui la séparent du tissu musculaire. Ses dimensions, qui sont les mêmes chez les vierges et dans l'intervalle des grossesses, s'augmentent beaucoup à l'époque des règles, et surtout de la gestation ; au contraire, elles diminuent considérablement chez les vieilles femmes. Sa face interne, d'une teinte rosée dans la cavité du corps, devient plus pâle dans le col où sa vascularité diminue d'une manière notable. Enfin, au lieu d'être résistant, comme le tissu muscu-

laire, auquel il adhère fortement, le tissu de la muqueuse utérine est friable, surtout dans l'état de congestion.

Sa structure est encore plus importante à connaître. Elle est complexe, comme celle de toutes les muqueuses, elle présente en outre des caractères tout à fait particuliers. Au-dessous de l'épithélium cylindrique à cils vibratiles qui revêt sa face interne, la muqueuse utérine est formée de petits tubes glandulaires et d'un réseau fort riche de capillaires sanguins; ces éléments, fondamentaux relativement aux fonctions de la muqueuse de la matrice, sont unis entre eux par de la matière amorphe, quelques fibres de noyau, des fibres propres de tissu cellulaire et enfin par du tissu fibro-plastique. Il est essentiel de bien connaître tous ces éléments organiques; car nous les retrouverons dans les caduques vraie et réfléchie. Prouver l'identité de structure de la caduque et de la muqueuse est la meilleure manière de démontrer que l'une et l'autre membrane sont un seul et même organe.

Il y a deux espèces de glandes dans la muqueuse utérine. Ces glandes sont de simples follicules en cul-de-sac, non ramifiés, plus ou moins allongés : les unes sont propres au corps de la matrice, les autres au col.

Les glandes du corps occupent l'étendue entière de la muqueuse et tiennent toute son épaisseur, depuis sa face adhérente jusqu'à sa face libre, où leurs orifices laissent suinter, par la pression, de petites gouttelettes de mucus. Signalées pour la première fois par Roux (1), elles ont été décrites imparfaitement, et toujours sur des utérus gravides, par plusieurs anatomistes dont nous citerons bientôt les noms en parlant de la caduque; mais Coste (2) est le premier qui les ait décrites dans l'état de vacuité. Elles se présentent sous la forme de petits tubes, visibles à la loupe, larges de 1/10e de millimètre, très serrés verticalement les uns à côté des autres. L'extrémité cæcale, arrondie, et en rapport avec le tissu musculaire de la matrice, est flexueuse dans une partie de son étendue; l'extrémité béante se recourbe de manière à faire une légère saillie à la surface de la muqueuse, et s'ouvre soit isolément, soit avec plusieurs autres, dans un de ces petits godets dont

contre eux. Leurs ramuscules serpentent sur les parois de ces tubes et s'anastomosent avec les ramuscules des branches voisines. Arrivés à la surface de la muqueuse, ils forment un réseau superficiel, sous-épithélial, très riche, à mailles polygonales, formé de capillaires d'un volume inégal (1). Ce réseau se congestionne fortement, comme nous l'avons vu, à l'époque des règles, et laisse perspirer le sang de la menstruation.

Les éléments dont nous venons de parler, épithélium cylindrique, glandes tubuleuses, vaisseaux, sont unis entre eux par de la matière amorphe, quelques fibres de noyau, du tissu cellulaire, des éléments fibro-plastiques.

La matière amorphe unissante renferme un grand nombre de granulations moléculaires, très fines, d'une teinte grisâtre.

Les fibres du tissu cellulaire sont, en général, très minces, pâles, transparentes, entrecroisées en tous sens, plutôt que rangées en faisceaux onduleux. Elles sont mélangées à quelques-unes de ces fibres contractiles que Henle (2) a nommées fibres de noyau, et que Ch. Robin (3) propose d'appeler avec plus de raison *fibres dartoïques*, du nom de l'organe où on les trouve en plus grand nombre.

Enfin, les éléments fibro-plastiques se composent des noyaux ou globules fibro-plastiques, et des fibres ou corps fusiformes décrits par Lebert (4) dans les cicatrices récentes, et rencontrés, chez l'embryon ou chez l'adulte, partout où se trouve du tissu cellulaire en voie de formation ou de régénération. Ces noyaux, pourvus d'un ou deux nucléoles, ces corps fusiformes développés autour des noyaux et s'allongeant en fibres, sont une forme transitoire, ou, pour mieux dire, un premier degré de formation des fibres du tissu cellulaire. La muqueuse utérine paraît être le seul organe dans lequel on les trouve, à l'état normal, chez l'adulte. L'existence constante, dans cette membrane, d'éléments en quelque sorte embryonnaires, semble démontrer que la destination de la muqueuse de la matrice est de n'avoir qu'une existence temporaire, de se régénérer continuellement, de se trouver toujours, pour ainsi dire, en voie de nouvelle formation.

Telles sont les parties constituantes de la muqueuse de l'utérus, dans l'état de vacuité de cet organe. Pendant la menstruation, on les retrouve, légèrement modifiées, il est vrai, mais identiques au fond: ainsi, l'ensemble de la muqueuse est boursouflé et comme hypertrophié, ses vaisseaux sont dilatés, gorgés de sang. Pendant la grossesse, on les rencontre encore dans cette membrane qu'on a regardée longtemps comme de formation récente et à laquelle on a donné le nom de *caduque*. Ici, sans doute, ces éléments sont modifiés plus profondément; mais ils n'en sont pas moins tous faciles à reconnaître, et à assimiler complétement à ceux de la muqueuse dans l'état de vacuité, aussi bien les vaisseaux et les glandes, que l'épithélium, le tissu cellulaire et les éléments fibro-plastiques. Nous décrirons bientôt les changements qu'ils ont subis individuellement pour arriver à produire l'accroissement général de la membrane. Mais voyons d'abord ce qu'est la caduque elle-même, et comment elle se forme par l'hypertrophie de la muqueuse utérine.

La membrane caduque n'a pas été décrite par les anciens. On trouve bien son

(1) Voyez les belles planches de l'ouvrage de COSTE : *Hist. génér. et partic. du développ. des corps organisés*. Paris, 1847.

(2) *Anat. génér.* Paris, 1843, t. I, p. 196.

(3) *Mém. cit.*, p. 422.

(4) *Physiol. pathol.* Paris, 1845, t. I, p. 77.

existence signalée dans les œuvres d'Arétée, de Fabrice d'Acquapendente, d'Harvey, de Haller, d'Albinus. Mais William Hunter (1) le premier en fit la description, et lui imposa un nom. En raison de son existence temporaire, il l'appela *caduque* (*decidua*), et, eu égard aux parties sur lesquelles il l'observa, la matrice d'un côté, l'œuf de l'autre, il la distingua en *caduque utérine* (*decidua uterina*) et *caduque réfléchie* (*decidua reflexa*). Cet anatomiste la représenta comme une membrane vasculaire, épaisse, blanchâtre, adhérente d'abord à l'utérus dont elle se détacherait ensuite, préexistant à l'arrivée de l'œuf, mais l'enveloppant plus tard dans toute son étendue, et tapissant toute sa surface convexe, aussi bien que toute la concavité de la matrice; enfin présentant toujours les trois ouvertures qui existent normalement dans l'utérus, deux au niveau des trompes, une au niveau du col. Sa première idée, il faut bien le remarquer, fut que cette membrane caduque était une sorte d'exfoliation de la face interne de la matrice.

Plus tard, la difficulté d'expliquer l'enveloppe fournie par cette membrane à la surface entière de l'œuf fit admettre par W. Hunter que la caduque devait plutôt sa naissance à une exhalation pseudo-membraneuse. Son frère, John Hunter (2), adopta cette hypothèse, et la plupart des anatomistes du commencement de ce siècle s'efforcèrent de la soutenir. Voici comment elle nous arriva plus ou moins modifiée par Moreau (3), Bojanus (4), Breschet (5), Velpeau (6), etc.

On supposait que, sous l'influence de l'état fluxionnaire déterminé par la conception, une exsudation de lymphe plastique s'opérait à la face interne de l'utérus; que cette matière coagulable s'organisait en une véritable pseudo-membrane, tapissant toute la face interne de la matrice, passant au-devant de l'ouverture des trompes et du col, et remplie d'un prétendu liquide, auquel Breschet avait donné le nom d'*hydropérione*. On admettait que l'œuf, poussé par la contraction de la trompe, et surmontant le double obstacle qui s'opposait à son entrée dans l'utérus (la pseudo-membrane et le liquide contenu), refoulait devant lui cette membrane de nouvelle formation, s'en enveloppait, s'en coiffait comme d'un double bonnet, dont l'un des feuillets, en contact immédiat avec lui, formait la caduque réfléchie, dont l'autre feuillet, en contact avec la face interne de la matrice, formait la caduque vraie ou utérine : de là, le nom de *perione* ou *périvone* donné par Breschet

de la nier, et qu'on a été obligé, pour cacher ce défaut de la théorie, de combler, pour ainsi dire, la lacune de l'hypothèse primitive, par une seconde hypothèse, et d'admettre qu'il s'organise dans ce point une autre membrane de nouvelle formation, à laquelle on donna le nom de *decidua serotina* (1), caduque tardive.

On ne peut donc admettre une pareille supposition pour la formation de la membrane caduque, alors même que son mode réel de production nous serait inconnu. A plus forte raison, devons-nous la rejeter actuellement que des observations mieux faites nous ont enfin appris toute la vérité sur ce point si obscur d'ovologie humaine. Du reste, il faut en convenir, les anatomistes, qui édifièrent la théorie qu'on a renversée, ignoraient la structure, l'existence même de la muqueuse utérine. Au contraire, on la connaît aujourd'hui d'une manière si parfaite, qu'il est impossible de ne pas la reconnaître partout où elle s'offre à l'observation ; or, nous la retrouvons, avec tous ses caractères, dans la membrane caduque.

Déjà Seiler (2), après Sabatier et Mayer, regardait la caduque comme un développement de la membrane interne de l'utérus. Quelques années après, Geohegan, de Baer, C.-H. Weber, Ed. Weber, John Reid, Montgomery, Robert Lee et Sharpey (3) montrèrent, dans la caduque, de nombreux tubes cylindriques, flexueux, terminés en cul-de-sac, s'ouvrant à la face interne de cette membrane, et remplissant les fonctions de glandes. Enfin Coste (4) démontra, sur des pièces normales, que la caduque utérine est formée par l'hypertrophie pure et simple de la muqueuse de la matrice, laissant ouverts les trois orifices du col et des trompes, se détachant peu à peu, par exfoliation, à la fin de la grossesse et au moment de la parturition. Courty (5) a défendu cette opinion, en donnant de nouvelles preuves en sa faveur, et en démontrant la fausseté de la théorie d'une pseudo-membrane. Ch. Robin (6) a fourni, à l'appui de la même cause, des arguments tirés de la structure intime des tissus, qui ne laissent plus de prise à la contradiction.

Il est donc certain aujourd'hui que la caduque se forme par l'hypertrophie de la muqueuse utérine. Bischoff (7) qui, après avoir admis dans cette membrane les prétendues villosités décrites par Weber, avait adopté plus tard en partie l'opinion de Coste, est dans l'erreur, en admettant, contrairement aux faits, qu'il se joint encore à la muqueuse de la matrice une exsudation plastique. L'apparence de villosités est une disposition anatomique artificielle, due à l'altération qu'a fait éprouver à la muqueuse un commencement de putréfaction dans l'eau. Il n'y a pas non plus d'exsudation plastique, ni de formations pseudo-membraneuses.

Quand l'œuf arrive dans l'utérus, la membrane muqueuse, préparée à le recevoir, présente les caractères qu'elle a pendant la menstruation, mais exagérés. Elle est très vasculaire, gonflée par un abord de sang considérable et un excès de développement de tous ses éléments, molle, tomenteuse, offrant des saillies et des dépressions, des espèces de plis plus ou moins profonds, destinés à recevoir l'œuf et à le retenir. Mais, comment cette membrane, adhérente d'une part à l'utérus, peut-elle d'autre part envelopper aussi l'œuf, et former la portion de caduque que W. Hunter

(1) BOJANUS, *Rec. cit.*
(2) *Die Gebärmutter und das Ei des Menschen in den ersten Schwangerschaftsmonaten.* Dresde, 1832.
(3) *Elements of Physiology*, by J. MÜLLER. London, 1842, t. II.
(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1842.
(5) *De l'œuf et de son développement*, p. 127.
(6) *Mém. cité* dans les *Archives génér. de méd.*, 1848.
(7) MÜLLER'S *Archiv*, 1846, p. 116.

désignait sous le nom de caduque réfléchie ? Quoiqu'on vît une continuité évidente entre celle-ci et la caduque utérine, il était difficile de répondre à cette question, avant que Coste (1) en eût trouvé la solution dans des utérus au vingtième et au vingt-cinquième jour de la gestation.

L'inspection de ces œufs, peut-être les plus jeunes qu'on ait trouvés à l'état normal dans l'intérieur de l'utérus, démontre que la caduque vraie, ou muqueuse utérine, se continue directement avec la caduque réfléchie : la surface de ces deux membranes a un aspect pointillé et vasculaire identique ; les glandules utérines existent dans le tissu de l'une et de l'autre ; les vaisseaux de l'une se continuent, en offrant absolument la même disposition, avec les vaisseaux de l'autre. Quant au mécanisme par lequel la caduque vraie arrive à former la caduque réfléchie, on voit, sur ces pièces, le plus jeune de ces œufs placé, pour ainsi dire, dans un simple dédoublement de la muqueuse utérine, et ne faisant, à la face interne de l'utérus ouvert, qu'une saillie diffuse comme celle d'un abcès sous-cutané ; le plus âgé offre, du côté opposé à sa portion adhérente, une sorte de cicatrice ou d'ombilic caducal, indiquant le point dans lequel les plis de la caduque, s'élevant autour de lui et se fermant circulairement sur son pôle libre comme une bourse dont on tirerait les cordons, sont venus se joindre pour le clore de toutes parts.

La caduque réfléchie est donc constituée simplement par la caduque ou muqueuse utérine hypertrophiée circulairement autour de l'œuf. Elle enveloppe peu à peu celui-ci, en formant autour de lui, selon l'expression de Coste, un bourrelet circulaire qui s'élève de plus en plus, comme on voit les bourgeons charnus s'élever autour d'un cautère, dont ils tendent à ensevelir le pois dans leur intérieur (pl. II, fig. 8, 9). Le petit volume de l'œuf, aux premiers jours de la gestation, rend facile son enveloppement complet. Les vaisseaux nombreux et volumineux de la caduque, et de l'expansion de cette membrane, d'où naît la caduque réfléchie, permettent à celle-ci d'accroître facilement ses dimensions. A mesure que l'œuf grossit et la distend, on voit son tissu s'amincir et ses vaisseaux s'atrophier, à partir de l'ombilic ou point central opposé au placenta, et en allant jusqu'à la périphérie ou portion adhérente, où se font les points de réflexion de la caduque utérine en caduque réfléchie. Enfin, par suite de l'augmentation continue du volume de l'œuf, la caduque réfléchie finit par devenir *anhiste ;* et, vers la fin de la grossesse, il en est presque de même de la caduque utérine. Mais il s'en faut bien que ce caractère négatif ait appartenu primitivement à ces deux membranes, ainsi que le supposait Velpeau, qui, ne les ayant observées qu'à une époque avancée de la gestation, les avait désignées de ce nom, pour exprimer l'absence de toute vascularité, de toute structure.

Quant à la prétendue *decidua serotina*, de Bojanus, il est facile de reconnaître que, au lieu d'être une exsudation consécutive, déposée, postérieurement à la formation de la caduque, entre l'œuf et la portion de paroi musculaire de l'utérus contre laquelle se développe le placenta, elle est simplement une partie de la caduque ou muqueuse utérine, se trouvant naturellement placée entre la paroi de la matrice et la surface de l'œuf, quel que soit le point de cet organe sur lequel l'œuf s'arrête. Cette portion de muqueuse est destinée à former le placenta maternel, et à tomber, chez l'espèce humaine, en même temps que l'œuf, ou du moins,

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 893. — *Ibid.*, 1850, t. XXXI, p. 574.

peu après la parturition, en même temps que la caduque et les autres enveloppes fœtales.

Si nous étudions maintenant la structure des caduques, nous reconnaîtrons que ces membranes sont formées exclusivement des mêmes éléments anatomiques que la muqueuse de la matrice : glandes tubuliformes, vaisseaux interposés et formant réseau à la surface, épithélium cylindrique, matière amorphe unissante, fibres dartoïques, tissu cellulaire, éléments fibro-plastiques, tous s'y retrouvent et concourent à démontrer l'identité de ces membranes. Mais tous se sont, pour ainsi dire, gonflés et ont acquis plus de mollesse, plus de transparence, surtout plus de volume. Les dimensions de tous ces éléments se sont accrues, comme celles des vaisseaux, comme celles des fibres musculaires de l'utérus, pour s'accommoder aux nouvelles fonctions de l'organe.

Ainsi, on retrouve l'épithélium de la muqueuse utérine à la surface des caduques ; on le retrouve même après l'accouchement, sur les portions de caduque adhérentes au chorion. Les cellules sont plus pâles, très adhérentes entre elles. A la surface du placenta maternel, portion de caduque utérine qui est en contact avec le placenta fœtal, on trouve aussi des cellules d'épithélium ; mais, d'après Ch. Robin (1), celles-ci paraissent avoir perdu les caractères de l'épithélium cylindrique : elles sont circulaires ou ovoïdes, et leur noyau est pourvu d'un ou deux nucléoles. En général, sur la caduque, les cellules épithéliales et leurs noyaux sont augmentés de volume : celles-ci ont perdu leurs cils vibratiles, mais elles sont toujours réunies en feuillets épithéliaux.

On y retrouve de même les éléments fibro-plastiques. Les noyaux ont acquis un volume qui peut dépasser le double du volume habituel, et une plus grande transparence, tout en conservant la netteté de leurs bords. Les fibres fusiformes augmentent surtout dans leur diamètre transverse, au point que quelques-unes deviennent cinq ou six fois plus larges ; elles atteignent une longueur double ou triple de leur longueur normale ; leur noyau devient en tout semblable aux noyaux fibres.

Les fibres du tissu cellulaire ont conservé leur teinte pâle, mais leur diamètre a presque doublé. Souvent elles sont réunies en faisceaux lâches, flexueux ou rectilignes, mais non régulièrement onduleux comme dans le tissu celluleux intermusculaire. Leurs bords sont moins nets, et leur texture beaucoup moins serrée, parce qu'elles sont empâtées dans la matière amorphe unissante.

Celle-ci, en effet, s'est accrue considérablement et s'est interposée entre elles. De là cette moindre consistance de la membrane muqueuse devenue membrane caduque, et cet aspect particulier, qui, d'ailleurs, ne rappelle nullement celui des membranes de nouvelle formation ; pas plus que la matière amorphe et les autres éléments de la muqueuse utérine, hypertrophiée normalement, n'ont d'analogie avec la substance finement granulée fibroïde des pseudo-membranes. Une matière amorphe s'est produite, il est vrai, en grande abondance, dans la muqueuse de la matrice, mais elle a été déposée dans toute son épaisseur, entre chacun de ses éléments, eux-mêmes hypertrophiés, et non à sa surface, sous forme d'une exsudation pseudo-membraneuse dont on avait supposé gratuitement l'existence. Cette matière unissante est, du reste, parsemée d'un nombre très considérable de granulations moléculaires, dont les unes ressemblent à celles qui s'y rencon-

(1) *Mém. cit.* (*Archives génér. de méd.*, 4e série, t. XVIII, p. 200).

trent normalement, dont les autres, à teinte jaune ambrée, à centre brillant, à contour net et foncé, sont fréquemment disposées en groupes : de semblables granulations se trouvent encore développées sur les fibres fusiformes, et en cachent quelquefois le noyau.

Les glandes du corps de la matrice, signalées déjà dans la caduque utérine par Krause (1), Berres (2), et d'autres anatomistes cités plus haut, acquièrent jusqu'à 5 ou 6 millimètres de longueur. En même temps, leurs flexuosités disparaissent : il semble que ces petites glandes tubuleuses, inactives pendant la vacuité de l'utérus, sont alors atrophiées et trop longues pour l'épaisseur relativement faible de la membrane muqueuse ; tandis qu'elles se redressent, en quelque sorte, quand la muqueuse augmente de volume, pour s'atrophier ensuite vers le troisième mois, lorsque cette membrane devient réellement caduque et commence à prendre le caractère anhiste. Les glandes du col n'entrent en fonction que pendant la grossesse, et ne cessent pas d'agir tout le temps qu'elle dure. La matière qu'elles sécrètent est transparente, demi-solide, très tenace et forme le *bouchon gélatineux* qui oblitère le col utérin pendant la gestation.

Les vaisseaux présentent, dans la caduque, le même mode de distribution que dans la muqueuse de l'utérus. Mais leur volume est devenu énorme, jusqu'au troisième mois, époque après laquelle il commence à diminuer, excepté au voisinage du placenta. Le réseau superficiel surtout est remarquable par son accroissement : les légères dilatations normales, que nous y avons signalées, deviennent de vrais sinus, longs de 10 à 20 millimètres et larges de 4 à 5. Ces sinus se prolongent sur le bourrelet qui forme la caduque réfléchie, jusqu'auprès de l'ombilic caducal ; mais ils commencent à s'atrophier dès le quarantième jour. Ils sont très vastes dans la portion de caduque interposée à l'utérus et au placenta fœtal, et communiquent entre eux à l'infini, de manière à représenter une sorte de lac de sang, cloisonné çà et là.

Le *placenta maternel*, décrit dans ces dernières années par Jacquemier (3), Bonamy (4), et quelques autres anatomistes, sous le nom de tissu *inter-utéro-*

une succession de sinus creusés dans la membrane caduque et s'ouvrant largement les uns dans les autres, plutôt qu'une véritable veine.

Le mécanisme par lequel les villosités du placenta fœtal pénètrent dans les vastes sinus veineux du placenta maternel n'est pas encore bien connu. D'après Sharpey, le placenta de la chienne est formé par la pénétration des villosités fœtales dans les canaux glandulaires ramifiés de l'utérus, qui sont entourés, comme chez la femme, d'un réseau vasculaire très riche. Les canaux et les villosités, croissant et se ramifiant sans cesse, s'engrènent de plus en plus les uns dans les autres, au point que la paroi des vaisseaux du fœtus arrive enfin à être en contact avec la paroi des vaisseaux de la mère.

Il n'est pas certain qu'il en soit de même dans l'espèce humaine. Il est plus probable que les touffes de villosités fœtales, s'enfonçant dans les espaces que forment à la surface de la caduque les plis dont cette membrane est partout soulevée, se creusent des espèces de loges dans ces cavités primitivement superficielles, en même temps que les plis s'accroissent autour d'elles et les embrassent dans toutes leurs divisions, de la même manière que la caduque réfléchie embrasse la totalité de l'œuf. Les vaisseaux prennent un développement considérable, tandis que les autres éléments de la muqueuse s'atrophient, et peu à peu les parois vasculaires très molles des deux systèmes fœtal et maternel arrivent au contact et contractent des adhérences. Les vaisseaux du fœtus conservent, relativement à ceux de la mère, un calibre peu considérable qui permet au sang de circuler rapidement des vaisseaux afférents aux vaisseaux efférents; tandis que ceux de la caduque se dilatent considérablement dans toute leur portion veineuse, de manière à former les vastes cavités dans lesquelles s'accumule le sang.

On comprend ainsi comment une injection poussée par les vaisseaux de la mère passe rarement dans ceux de l'enfant; au lieu que la transition s'effectue sans peine, quand on opère en sens inverse. Il est impossible, d'ailleurs, de soutenir encore avec Flourens (1) l'hypothèse d'une communication directe entre les vaisseaux de la mère et ceux du fœtus.

La situation du placenta, dans la matrice, correspond généralement à l'insertion de l'une des deux trompes : on le rencontre le plus souvent en avant, mais souvent aussi en arrière. Ce lieu d'élection dépend de la sortie même de l'œuf du canal vecteur; l'œuf, s'attachant à la matrice peu de temps après son arrivée dans cet organe, ne peut se fixer que dans un point assez rapproché de l'orifice de la trompe. On reconnaît, chez les femmes enceintes, le point d'insertion du placenta, par le bruit de souffle que produit le sang, en passant des artères utérines dans les grands lacs veineux qui leur font suite.

Lorsque les villosités fœtales prennent un développement énorme, sur le point de l'œuf adhérent à la paroi utérine, et forment le placenta définitif ou placenta proprement dit, les autres villosités du chorion s'atrophient. Alors aussi la caduque se développe considérablement, dans le point correspondant, pour former le placenta maternel, mais en même temps sa portion réfléchie s'atrophie, perd ses vaisseaux, s'amincit, par suite de la distension que détermine l'accroissement de l'œuf, et n'a plus aucun usage (pl. II, fig. 7). Un peu plus tard, vers le quatrième mois de la grossesse, la partie utérine elle-même de cette membrane commence à perdre les caractères de vitalité énergique qu'elle avait eus jusqu'alors; elle est

(1) *Ann. des sciences nat.*, 2e série, *Zoologie*, t. V, p. 65.

chaque jour moins adhérente aux parois utérines; elle s'amincit, s'atrophie et devient véritablement caduque.

Pendant les premiers temps de la gestation, les deux caduques sont éloignées l'une de l'autre par une matière albumineuse, sanguinolente, plus ou moins fluide, qui baigne la cavité de l'utérus. Mais, par suite du développement de l'œuf, elles arrivent au contact. L'espace qui les séparait a disparu vers la fin du quatrième mois. Bientôt enfin elles adhèrent tellement entre elles, qu'il devient impossible de les séparer. La membrane unique résultant de l'accolement de ces deux feuillets s'amincit ensuite de plus en plus, tandis que la portion placentaire continue à croître avec les progrès de l'œuf; mais elle ne disparaît pas entièrement. Peu de temps après la naissance, elle sort avec l'arrière-faix, c'est-à-dire avec le placenta et les autres enveloppes de l'œuf. On peut même la séparer quelquefois de ces dernières (chorion et amnios), et retrouver encore, sur la face adhérente au chorion, les vestiges des cellules épithéliales dont elle est tapissée.

Enfin, en même temps que la caduque utérine commence à s'atrophier, vers le quatrième mois de la grossesse, on voit paraître, entre elle et la paroi musculaire de la matrice, une membrane très mince, molle, feutrée, homogène. Cette membrane, de formation nouvelle, est la première trace de la muqueuse qui succédera à la caduque après l'accouchement. Elle s'épaissit peu à peu, et, après la délivrance, elle tapisse la face interne de l'utérus, de manière que les fibres musculaires de cet organe ne restent pas à nû.

Cette nouvelle membrane, décrite par Colin (1) comme un reste de l'ancienne caduque, a, d'après Ch. Robin, la même composition anatomique et la même texture que la caduque entraînée par le chorion et que la muqueuse dans l'état de vacuité de la matrice. C'est une régénération de la muqueuse utérine. Du vingtième au trentième jour après l'accouchement, elle commence à prendre l'aspect de cette dernière : d'abord pulpeuse, plus molle, moins épaisse, plus vasculaire que la muqueuse de la matrice à l'état normal, elle achève de reprendre les caractères de celle-ci vers le soixantième ou soixante et dixième jour après la délivrance.

La muqueuse du col et celle des trompes ne subissentt pas les mêmes modifications que celle du corps, et surtout ne se détachent pas comme la caduque; elles augmentent seulement de volume. Un bord déchiqueté, existant après l'accouchement à la jonction du corps avec les trompes et le col de la matrice, est la trace de la déchirure produite par l'arrachement de la muqueuse du corps.

Les *usages de la caduque* sont de protéger l'œuf et surtout de pourvoir à sa nutrition. Elle est appelée à former, par un de ses fragments, le *placenta maternel*, de même que l'allantoïde est destinée à constituer, par le développement d'un certain nombre de ses villosités, le *placenta fœtal*.

GROSSESSE.

Grossesses multiples. — Grossesses extra-utérines.

L'œuf, en subissant les phases de son évolution, acquiert un volume considérable; l'embryon contenu dans sa cavité devient *fœtus*, et prend, de son côté,

(1) *Dissertation inaugurale*. Paris, 1847.

un développement qui augmente beaucoup le poids de l'œuf. Pour se prêter à ces augmentations de volume et de poids, pour suffire à la nutrition du jeune, pour se préparer à opérer son expulsion, la matrice se dilate, acquiert une texture musculaire plus prononcée, reçoit une plus grande quantité de sang. Les autres organes de la sphère génitale participent plus ou moins à ces modifications. Les seins se développent et se disposent à sécréter du lait. L'économie entière éprouve le retentissement du travail formateur dont l'utérus est le siége. En un mot, des dispositions nouvelles communes et particulières, de nouvelles réactions organiques générales et locales, caractérisent la *grossesse*.

La grossesse dure ordinairement, chez la femme, deux cent soixante et dix jours ou neuf mois solaires, depuis le moment de la conception jusqu'à celui de l'accouchement. Mais ce terme n'est pas invariable; il n'est pas rare de voir la grossesse se terminer plus tôt; il est beaucoup moins fréquent de la voir se continuer plus tard.

Des modifications anatomiques et physiologiques que cet état apporte dans l'économie, les unes sont locales, les autres sont générales.

Les changements les plus remarquables surviennent dans l'utérus : ils portent sur le volume, la forme, la direction, la situation et la structure de cet organe.

Dès que l'œuf arrive dans la matrice, celle-ci se développe, et son volume va toujours croissant jusqu'à la fin de la grossesse. Du reste, cette progression n'est pas uniforme. Suivant l'observation de Desormeaux, elle est beaucoup plus lente dans les premiers mois, plus rapide dans les derniers. Ce mode d'accroissement est en proportion de celui de l'œuf dans la première et dans la seconde période de la gestation.

La forme de l'utérus change en même temps que son volume. D'abord aplatie sur ses deux faces, la matrice s'arrondit, devient bientôt pyriforme, puis sphéroïdale, pour prendre enfin, vers le terme de la grossesse, la forme d'un ovoïde légèrement déprimé d'avant en arrière; sa face antérieure est bombée, sa face postérieure est déprimée pour s'accommoder à la saillie lombaire.

Sa situation offre des différences en rapport avec ces différences de volume et de forme. Pendant les trois premiers mois, le fond s'élève vers le détroit supérieur, et se renverse un peu en arrière; la partie inférieure et le col s'abaissent vers le plancher du bassin et se portent un peu en avant, mais la matrice reste encore plongée dans l'excavation pelvienne : son augmentation de volume et de poids est la cause de cet abaissement. Plus tard, l'organe gestateur, ne trouvant plus assez d'espace dans l'excavation pour continuer à s'y développer, s'élève au-dessus du détroit supérieur, puis au niveau de l'ombilic, et atteint, à la fin de la grossesse, la région épigastrique. Toutefois, dans la dernière quinzaine, il subit un léger abaissement, qui provient de ce que la tête du fœtus commence à s'engager dans l'excavation.

A mesure que l'utérus s'élève dans la cavité abdominale, il suit la direction de l'axe du détroit supérieur. Repoussé, en outre, par la colonne lombaire, et trouvant beaucoup moins de résistance dans la paroi abdominale antérieure, il se porte en avant. Enfin, comme il lui est impossible, à cause de la saillie lombaire, de rester sur la ligne médiane, il s'incline vers un des côtés de l'abdomen, et c'est habituellement vers le côté droit.

Dans les trois premiers mois, l'épaisseur des parois utérines augmente un peu. Vers le cinquième mois, elle est la même qu'à l'état normal; il en est de même au

terme de la grossesse, excepté au niveau du placenta où l'épaisseur est plus considérable, et au niveau du col où elle est beaucoup moindre. Quant à la consistance de ces mêmes parois, elle va toujours en diminuant jusqu'à la fin de la gestation.

Mais les modifications les plus remarquables de l'utérus, pendant la grossesse, portent sur la texture même de cet organe. Sans parler ici des changements de rapports de sa tunique séreuse, qui dépendent des changements de volume et de position de la matrice; sans parler non plus des modifications de la membrane muqueuse, que nous avons étudiées longuement en faisant l'histoire de la caduque; décrivons rapidement les variations que subit la portion intermédiaire ou moyenne. — Cette portion constitue, à proprement parler, les parois de la matrice. Si la nature et l'arrangement des fibres qui la composent est difficile à caractériser dans l'état de vacuité, il n'en est pas de même pendant la gestation. Les propriétés des fibres musculaires deviennent alors évidentes. La disposition des muscles formés par ces fibres n'est pas moins manifeste: des fibres transversales, nées du ligament rond, de la trompe de Fallope, du ligament de l'ovaire et des ailerons du ligament large, se portent, en rayonnant, sur toute la surface extérieure de l'utérus, et s'entrecroisent pour passer chacune du côté opposé à celui où elle a pris naissance; de cet entrecroisement résulte une sorte de muscle longitudinal médian, qui s'étale principalement sur tout le fond de l'organe. Ces premières fibres constituent une couche musculaire externe. A l'intérieur de l'utérus existe une couche musculaire semblable. Enfin un plan musculaire moyen, offrant des dispositions analogues, se trouve interposé aux deux. L'entrecroisement des fibres sur le fond de la matrice, constitue le plan musculaire à fibres circulaires et concentriques, décrit par Mme Boivin comme appartenant aux angles supérieurs de cet organe.

Les artères et les veines utérines se dilatent considérablement. Ces dernières surtout se présentent, au milieu du tissu musculaire, sous forme de canaux volumineux, parcourant en tous sens la paroi de la matrice, s'anastomosant entre eux et formant de larges confluents à leur réunion. Ces sinus sont très larges principalement dans le point qui correspond à l'insertion du placenta; quelques-uns peuvent recevoir l'extrémité du petit doigt. Les artères utérines sont enveloppées d'une gaîne celluleuse très ténue, mais très distincte. Les veines, au contraire, sont réduites à leur tunique interne qui adhère, d'une manière très intime, au tissu musculaire; on ne trouve dans leur intérieur aucune valvule.

Ainsi les fibres musculaires, les vaisseaux des parois de l'utérus, augmentent de volume, comme les éléments de la membrane muqueuse du même organe, et subissent des modifications analogues à celles que nous avons signalées dans les glandules, les vaisseaux, les fibres, les corps fusiformes de la membrane caduque.

Le tissu du col se boursoufle et se ramollit dès le début de la grossesse. Ce ramollissement, peu sensible et borné à la partie inférieure durant les premiers mois, envahit successivement, de bas en haut, toute l'étendue du col; il est beaucoup moins prononcé et moins rapide dans sa marche chez les primipares que chez les femmes déjà mères. La cavité du col se dilate en même temps que ses parois se ramollissent; mais, tandis que l'orifice externe reste fermé jusqu'à la fin de la grossesse chez les primipares, il est au contraire largement ouvert, et constitue la base d'une sorte d'entonnoir, chez les femmes qui ont eu déjà un accouchement. Enfin le col conserve ses dimensions jusqu'à la moitié du dernier mois; dans la dernière quinzaine, toute sa longueur disparaît, et sa cavité se confond avec celle du corps utérin.

La sensibilité de l'utérus, si obscure pendant l'état de vacuité qu'on peut toucher cet organe, le heurter, le cautériser même, sans que la femme en ait, pour ainsi dire, conscience, devient beaucoup plus marquée pendant la grossesse. Elle ne paraît pas se développer considérablement dans le corps, mais elle existe à un assez haut degré dans le col. Il s'établit, dès lors, une relation sympathique très remarquable entre le corps et le col : les excitations portées sur le col réagissent sur les fibres du fond, et déterminent souvent, par suite de la contraction de ces dernières, l'expulsion prématurée du fœtus.

En même temps se développent, dans la matrice, des propriétés physiologiques nouvelles ; la contractilité organique et la contractilité de tissu. La première est cette faculté, acquise par les fibres de l'utérus, de se resserrer sur le contenu de cet organe, pour l'expulser de sa cavité. Cette véritable contraction musculaire se manifeste sous l'influence d'un stimulant quelconque et s'accompagne toujours de douleurs. La seconde est la propriété que possède la matrice de revenir peu à peu sur elle-même, après s'être vidée, et d'oblitérer presque complétement sa cavité.

Ces changements considérables de l'utérus amènent des changements fort importants aussi dans les organes voisins, et dans ceux qui lui sont liés par la communauté de but, la reproduction.

Ainsi, en s'élevant graduellement dans l'abdomen, l'utérus entraîne après lui le péritoine qui le recouvre, et efface les ligaments larges ; tandis que les trompes et les ovaires se trouvent rapprochés des parois latérales de son corps et dans une direction à peu près verticale.

Le vagin se raccourcit, en s'élargissant, dans les premiers temps de la grossesse ; il s'allonge ensuite à mesure que la matrice s'élève. La circulation devient plus active dans ses parois, et le système veineux surtout y prend un grand développement. A dater du huitième ou septième mois, les follicules sécrètent des mucosités : cette sécrétion commence quelquefois avant cette époque, plus souvent elle n'arrive qu'à un moment plus voisin encore de l'accouchement.

Les symphyses du bassin se relâchent. La peau du ventre, très distendue, présente, surtout à sa partie inférieure, des vergetures brunes ou bleuâtres ; la dépression ombilicale disparaît peu à peu. Le diaphragme, refoulé par l'utérus et la masse intestinale, cause une certaine gêne dans la respiration. Les troncs vasculaires, qui viennent des extrémités inférieures ou qui s'y rendent, sont comprimés par l'utérus, et, de cette gêne apportée à la circulation, résultent souvent des œdèmes considérables des membres inférieurs et des parties sexuelles, ainsi que le développement de tumeurs hémorrhoïdales. La même cause, c'est-à-dire la compression exercée par la matrice, produit aussi une constipation habituelle, et quelquefois des troubles digestifs.

La vessie est peu à peu refoulée au-dessus du détroit supérieur. La pression exercée sur son corps et sur son col amène souvent un ténesme vésical très incommode. D'un autre côté, la sécrétion urinaire paraît modifiée. Nauche (1), et, après lui, Éguisier, Tanchou, Letheby, Stark, Kant, ont décrit, dans l'urine des femmes enceintes, une substance organique particulière, se manifestant, par le repos, sous la forme de filaments qui se réunissent à la surface du liquide en

(1) *Journal de chimie médicale*, février 1839. — *Journ. des connaiss. méd.*, 1839, p. 186.

une couche assez épaisse : cette substance porte le nom de *kyestéine*. Mais, outre que ses caractères chimiques sont tous négatifs, et que ses caractères microscopiques n'ont pas encore été étudiés, la cause de sa production nous est inconnue, et l'on peut même dire que sa présence n'est peut-être pas un signe positif de gestation. Toutefois il paraît qu'on l'a retrouvée assez constamment chez les femmes enceintes, à partir du troisième mois.

Les mamelles se modifient, comme les organes générateurs dont elles dépendent, pour se préparer aux fonctions qu'elles sont destinées à remplir après l'accouchement. Elles se gonflent dès le début de la grossesse, se durcissent, deviennent quelquefois le siége de picotements et même de véritables douleurs. Après le second mois, le mamelon se tuméfie aussi, devient plus érectile, plus saillant, plus sensible. Sa couleur est plus foncée. L'aréole prend une coloration jaune ou brunâtre de plus en plus marquée ; de petites glandules et des papilles proéminent vers sa partie centrale ; des troncs veineux assez considérables se dessinent à sa surface et sur une partie du sein plus ou moins étendue. Ainsi se prépare la sécrétion du lait.

Enfin, les influences dues au développement de la matrice et au travail dont elle est le siége retentissent sur l'économie entière. Le poids du fœtus, la distension de la matrice qui s'empare de l'espace destiné aux autres organes, produisent, à la fin de la grossesse, des incommodités sur lesquelles nous venons d'appeler l'attention. Mais des accidents d'une autre nature se manifestent au début de la gestation : ils dépendent de la nouvelle direction que prend l'activité vitale, et sont d'autant plus pénibles que l'organisation est plus délicate, que la sensibilité prédomine davantage ; aussi sont-ils, en général, plus prononcés à l'époque de la première grossesse.

Au commencement même de la gestation, des troubles divers peuvent éclater du côté de l'appareil digestif, tels que, un défaut absolu d'appétit, des nausées fréquentes, des vomissements, de la salivation ou des appétits bizarres connus sous le nom de *pica*. Plus tard, au contraire, on voit habituellement tous les actes de

doubles sont assez fréquentes : on en rencontre 1 sur 70 ou 80. Les grossesses triples sont au contraire fort rares : on n'en a compté que 5 sur 37,441 accouchements.

La grossesse double est ordinairement attribuée à ce que deux ovules se sont détachés à la fois de l'ovaire. Ces deux ovules peuvent provenir de deux vésicules de de Graaf, ou d'une seule de ces vésicules : il peut se faire aussi que la grossesse double dépende de la présence de deux vitellus dans un seul œuf, cas qui n'est pas rare chez la poule. Les dispositions que présentent plus tard les œufs multiples permettent de croire à la possibilité des deux cas. Toutefois l'intelligence de ces dispositions elles-mêmes ne laisse pas de présenter des difficultés.

Quelquefois on trouve les œufs tout à fait séparés dans la matrice, ayant chacun sa caduque, son chorion, son placenta, son amnios. D'autres fois, toutes les enveloppes sont doubles, à l'exception de la caduque qui est unique. Il est probable que, dans ce dernier cas, les deux ovules sont arrivés dans la matrice en même temps et du même côté; tandis que, dans le premier, ils sont venus des deux ovaires. Dans d'autres cas, il n'existe autour des deux fœtus qu'un seul chorion, et même on cite des exemples d'embryons contenus dans un seul amnios. Si l'on se rappelle que l'amnios et le chorion proviennent du fœtus, on verra qu'il est impossible de se rendre raison de ces faits, sans admettre qu'il existait primitivement deux chorions, deux amnios, qu'une cloison devait séparer primitivement les jumeaux, et que cette cloison s'est détruite à une époque plus ou moins avancée de la grossesse.

Dans les grossesses doubles, il y a le plus ordinairement deux placentas en contact l'un avec l'autre, ou unis par une espèce de pont membraneux ; mais il n'existe entre eux aucune communication vasculaire. Reynolds (1) rapporte l'observation d'une grossesse gémellaire dans laquelle un seul cordon, partant d'un placenta unique, se divisait plus loin en deux portions aboutissant chacune à un fœtus. Cette disposition remarquable ne peut s'expliquer que par une réunion précoce des deux allantoïdes ; mais il n'est pas nécessaire, comme le suppose Bischoff (2), qu'il y ait eu fusion des deux amnios.

Du reste, toutes ces singularités des enveloppes de l'œuf, dans les grossesses multiples, sont, pour ainsi dire, des dispositions tératologiques de ces enveloppes, des fusions arrivées à un âge ordinairement très jeune, et comparables à celles qui, unissant entre eux les embryons des périodes les moins avancées, donnent naissance à la formation des monstres doubles.

Les grossesses doubles peuvent simuler la *superfétation*. S'il arrive, en effet, qu'un des deux fœtus meure à une époque plus ou moins éloignée de l'accouchement, et qu'ensuite il sorte de l'utérus en même temps que l'autre, ou même plus tard, on pourrait l'attribuer à une conception de beaucoup postérieure à celle qui a produit l'autre fœtus.

Lorsque deux copulations se font dans un temps très court, il peut y avoir deux conceptions et formation de deux embryons, l'un après l'autre. Mais, dans ce cas, les embryons se développent et sont expulsés simultanément : il y a, en quelque sorte, grossesse double, et l'on ne peut pas dire qu'il y ait, à proprement parler, superfétation. Tel est le cas, rapporté par Buffon, de cette femme qui accoucha de deux jumeaux, un blanc et un mulâtre.

(1) *North American Archives of Med. and Surg.*, février 1835, n° 5, t. I, p. 508.
(2) *Développement de l'homme*, p. 166.

Ce qui est plus difficile à expliquer, c'est le cas où deux enfants naissent presque en même temps et offrent un développement fort différent, ou arrivent longtemps l'un après l'autre, avec des proportions analogues. Pour qu'il y ait réellement ainsi superfétation, il faut qu'il existe un utérus double.

Grossesses extra-utérines.

Dans des cas rares, dont la science ne possède néanmoins que trop d'exemples chez la femme, il peut y avoir, à la suite d'un coït fécondant, conception, formation d'un embryon, développement d'un fœtus jusqu'au terme naturel de son évolution, sans que ce développement s'opère dans la matrice. Il y a grossesse, mais *grossesse extra-utérine.*

Dans ces circonstances, le développement de l'œuf peut se faire sur l'ovaire, dans l'abdomen, dans la trompe, dans l'épaisseur des parois utérines. De là les grossesses dites *ovarique*, *abdominale*, *tubaire*, *interstitielle ;* sans compter toutes les nuances, qu'on a établies des unes aux autres, et les dénominations de *tubo-ovarique*, *tubo-abdominale*, etc., qu'on leur a imposées.

Les causes des grossesses extra-utérines sont encore fort obscures.

Pour les grossesses tubaires, on conçoit qu'une inflammation adhésive dans tel ou tel point de la trompe arrête l'œuf, ne lui permette pas de poursuivre son chemin vers la matrice, et l'oblige à se développer immédiatement au-dessus de ce point.

Mais cette explication ne peut s'étendre aux grossesses abdominales. Lallemand (1) et Marc (2) ont rapporté des observations desquelles il résulterait, suivant eux, qu'un état spasmodique passager, causé par une émotion morale très vive pendant le coït, pourrait être quelquefois l'occasion d'une grossesse abdominale. On a supposé, pour expliquer ces faits, que la fécondation était instantanée, et que, le spasme ayant fait cesser subitement l'érection de la trompe, l'œuf fécondé, au lieu de s'engager dans le pavillon, serait tombé dans la cavité péritonéale et s'y serait développé. Mais nous avons vu d'abord que le sperme met un certain temps à arriver du

son orifice externe, en un mot, toutes les altérations ou anomalies signalées par les auteurs dans les trompes, puissent occasionner les gestations anormales ou pathologiques qui viennent d'être mentionnées.

Les grossesses ovariques n'existent pas, à proprement parler, en tant qu'il s'agit du développement de l'œuf dans une vésicule de de Graaf qui ne s'est point rompue. On a sans doute aussi désigné de ce nom plusieurs grossesses simplement abdominales, dans lesquelles l'œuf avait contracté des adhérences plus ou moins intimes avec l'ovaire, et dissimulé les véritables rapports qu'il devait avoir primitivement avec cet organe. Toutefois on conçoit qu'une position vicieuse du disque granuleux, retenant l'œuf dans la vésicule de de Graaf rompue, n'empêche pas ce dernier d'être fécondé, mais l'oblige à se développer dans le follicule de l'ovaire.

Dans les grossesses extra-utérines, l'œuf se développe comme dans les grossesses normales. Ses enveloppes, ses membranes, se forment de la même manière; il se produit aussi un placenta fœtal, entrant en communication avec une sorte de placenta maternel qui se développe aux dépens des vaisseaux voisins et des tissus de la mère, dans le point même où l'œuf s'est greffé à l'organisme souche. Le plus souvent l'utérus se développe aussi concurremment, du moins en partie, comme s'il contenait le fruit de la conception; sa membrane muqueuse s'hypertrophie et forme une espèce de caduque (*).

B. — Développement de l'embryon.

Après avoir décrit le mode de formation de l'œuf et du sperme, l'union de ces deux éléments reproducteurs, et le développement de l'œuf fécondé, il nous reste, pour achever le tableau de la reproduction, à étudier le développement de l'embryon.

Si l'on excepte la découverte du *punctus saliens*, faite par Aristote dans l'œuf du poulet, on est forcé de convenir qu'aucun fait capital, relatif à la formation du nouvel individu, n'a été signalé jusqu'à Harvey (1), Fabrice d'Acquapendente (2), Malpighi (3) et Haller (4). Encore peut-on dire que la voie suivie avec tant de succès par les observateurs de notre époque n'a pas été ouverte par ces derniers anatomistes, qui, s'ils connurent l'état peu avancé des divers organes, et certaines périodes de leur développement, n'en ignorèrent pas moins l'origine de ces mêmes parties et la manière dont elles s'élèvent peu à peu du fonds commun préparé par la nature pour la mise en œuvre des formations embryonnaires.

(*) Consultez, pour plus de développements sur la grossesse, les divers traités de l'art des accouchements, en particulier, le traité de P. CAZEAUX, auquel nous avons emprunté la plupart des détails qui précèdent; et l'atlas de COSTE (*Hist. génér. et partic. du développ., etc.* espèce humaine, pl. 12, fig. 5).

NOTA. — Pour terminer ce qui a trait à la gestation, nous indiquerons ici, d'après Dugès, les animaux chez lesquels sa durée a été constatée : Eléphant, 2 *ans*; Chameau, 1 *an*; Zèbre, Ânesse, Jument, 11 *mois*; Baleine, Cachalot, 9 à 10 *mois*; Vache, un peu plus de 9 *mois*; Biche, Daîne, un peu plus de 8 *mois*; Chevrette, 5 *mois et demi*; Brebis, Chèvre, 5 *mois*; Truie, 4 *mois*; Louve, 3 *mois et demi*; Chienne, 9 *semaines*; Chatte, 8 *semaines*; Furet, 6 *semaines*; Lièvre, Lapine, Souris 1 *mois*; Cobaie, 3 *semaines*.

(1) *Exercitationes de generatione animalium*. Londres, 1651.

(2) *Opera omnia anatomica et physiologica*. Leyde, 1738, édition d'Albinus.

(3) *De formatione pulli in ovo*. Londres, 1673, *Appendiæ*, etc. (*Biblioth. anat. de Manget*).

(4) Deux mémoires *Sur la formation du cœur dans le poulet* (Lausanne, 1758), et *Opera minora*, t. II.

Vers la fin du siècle dernier, G. F. Wolff (1) donna le premier une bonne direction aux recherches embryologiques ; son esprit pénétrant avait saisi, mieux que ne l'avait fait le génie de Haller, plusieurs circonstances importantes relatives à l'origine des organes, surtout à celle de l'intestin et des parois abdominales. Dœllinger (2), Pander (3), aplanirent les premières difficultés de ces études, en esquissant un tableau complet de l'origine des organes chez le poulet. Bientôt ils furent suivis par E. de Baer (4), qui ne laissa guère à ses contemporains d'autre tâche que celle d'élucider certains points obscurs, de rectifier quelques erreurs, et de retoucher les défauts inhérents au premier jet d'un pareil travail. Nous aurons à signaler, dans le cours de cette exposition, les découvertes multipliées par lesquelles les contemporains de Baer ont contribué à perfectionner son œuvre, et celles non moins nombreuses dont s'enrichit chaque jour l'histoire du développement embryonnaire ; mais nous verrons en même temps qu'elles sont presque toutes les conséquences naturelles des observations dues à cet éminent anatomiste.

Dans la description des diverses formations organiques, nous ferons connaître d'abord les premiers développements de l'embryon, l'origine de ses différents systèmes, le mécanisme suivant lequel on voit se former, aux dépens d'un fonds primitivement commun, les groupes d'organes concourant à une même fonction, les diverses parties d'un même appareil, les éléments de chaque organe en particulier. — Nous décrirons ensuite successivement la formation de tous les systèmes, réunis par groupes naturels suivant leur communauté d'origine. — Il nous restera alors à rechercher comment se manifestent les caractères de la structure propre à chacun des organes, et à étudier le développement des tissus ou l'*histogénèse*. — Enfin, de la connaissance de tous ces faits, nous pourrons déduire les lois générales du développement et porter un jugement sur les diverses théories de la génération.

Premiers développements de l'embryon. — Origine des divers systèmes organiques.

Après que les segmentations successives du *vitellus* ont atteint leur dernière limite, après que les innombrables sphérules résultant des divisions et subdivisions de cette partie se sont appliquées sur la paroi interne de la membrane vitelline et transformées en véritables cellules, une sorte de vésicule ou de membrane sphérique s'est organisée, par suite de la cohésion que ces cellules ont contractée les unes avec les autres. Cette nouvelle membrane (*blastoderme*) est concentrique à la membrane vitelline. Elle est déjà plus que le germe, elle est l'individu nouveau.

Cette dernière manifestation de l'individualité du germe est remarquable dans certaines espèces. Chez un grand nombre de mollusques, à peine le blastoderme est-il formé, qu'il se hérisse de cils vibratiles et qu'il devient animé : son animation se traduit, non-seulement par les mutations organiques dont il est le siége, comme chez les animaux supérieurs, mais par un mouvement propre dont il se

(1) *Theoria generationis*, 1759, 2e édit. Halle, 1774. — *De formatione intestinorum*, etc. Halle, 1812, traduit en allemand par J.-F. Meckel.

(2) MALPIGHI *Iconum ad historiam ovi incubati spectantium censuræ specimen*. Wiecburgi. — *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des menschlichen Gehirns*. Francfort, 1814.

(3) *Dissertatio sistens historiam metamorphoseos quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit* (Wurtzbourg, 1817), trad. dans *Arch. gén. de méd.*, t. I, p. 178. — *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Hühnchen im Ei* (Wurtzbourg, 1817), trad. dans le *Journ. compl. du Dict. des sciences méd.*, t. XIV, p. 306.

(4) *Zur Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion*, 1817-1837.

donne à lui-même l'impulsion à l'aide de ses cils vibratiles. Ainsi, on voit la masse globuleuse du blastoderme tourner dans la cavité de la membrane vitelline, et poursuivre son *mouvement de rotation*, pendant que le développement des organes embryonnaires s'opère aux dépens de cette masse.

Le blastoderme formé, le premier changement qu'on découvre en lui, chez les mammifères, consiste dans l'apparition d'une tache obscure, d'abord presque imperceptible, puis de plus en plus distincte. Cette tache est due simplement à un épaississement de la membrane blastodermique, produit par un amas, plus considérable en ce point, de cellules et de noyaux de cellules. Burdach et de Baer lui ont donné le nom de *cumulus proliger;* Coste, et plus tard Wagner, celui de *tache embryonnaire;* enfin Bischoff, celui d'*aire germinative* (*area germinativa*). Toutes ces dénominations indiquent la destination prochaine de cet épaississement du blastoderme.

Dans cette tache, Dœllinger et Pander signalèrent les premiers, chez l'oiseau, la modification de texture du blastoderme, qui, de simple qu'il était d'abord, se dédouble bientôt en deux feuillets, l'un externe ou séreux, et l'autre interne ou muqueux.

L'un et l'autre feuillet sont formés, comme le blastoderme, de cellules polygonales. Dans le feuillet séreux ou animal, les cellules sont déjà complétement confondues les unes avec les autres et pleines de fines molécules très serrées, de manière à constituer une membrane plus ferme. Dans le feuillet muqueux ou végétatif, elles sont pâles, minces, et manifestement distinctes les unes des autres.

D'abord circulaire et uniformément obscure, la tache embryonnaire commence à s'éclairer un peu dans son milieu. De là sa division en deux portions : la portion externe, périphérique, obscure (*area obscura*) ; la portion interne, centrale, claire (*area lucida*). Bientôt elle change de forme : elle était circulaire, elle devient ovale. Puis, le milieu de sa portion transparente se soulève sous la forme d'un bouclier allongé, qui est l'embryon futur. La dimension en longueur de cette sorte de bouclier, qu'on a encore comparé, pour la forme, à une semelle de soulier, ne tarde pas à devenir plus considérable. Enfin, dans sa partie moyenne, apparaît une gouttière, un sillon creusé pour ainsi dire dans le feuillet séreux, qui présente en ce point une transparence et une ténuité extrêmes. Cette gouttière marque l'axe même de la tache germinative ; sa direction est transversale par rapport au grand axe de l'œuf, lorsque celui-ci, au lieu d'être sphérique, est plus ou moins ovoïde : elle porte le nom de *ligne primitive* (pl. I, fig. 10, *l*, *e*).

Les deux bords de la gouttière, devenant de plus en plus marqués, décrivent, du côté large de l'aire lucide, un petit arc pour se confondre l'un avec l'autre ; tandis qu'à l'autre extrémité ils se réunissent à angle aigu. Ils embrassent ainsi entre eux, en haut, un sinus un peu arrondi, qui est l'*extrémité céphalique;* en bas, un espace lancéolé, qui est l'*extrémité caudale* du futur embryon.

Sur les côtés de cette ligne, s'élèvent deux renflements formés aussi aux dépens du feuillet animal, considérés par de Baer comme les deux moitiés du dos, et nommés par lui *lames dorsales*. Reichert les a regardés plus tard comme les deux moitiés primitives du système nerveux : en dehors de ce système nerveux, naîtraient d'ailleurs des lames dorsales dont les deux moitiés se réuniraient à leur tour sur la ligne médiane pour clore le tube vertébral, de même que les deux moi-

tlés du système nerveux se sont réunies auparavant pour former l'organe cérébro-rachidien.

Tandis que deux renflements s'élevaient sur les côtés de la gouttière primitive, une ligne mince, composée de globules, prenait naissance dans le milieu et en dessous de cette même gouttière, ligne formant l'axe du tronc, destinée à servir de centre de formation aux lames dorsales et aux corps vertébraux : c'est la *corde dorsale*.

Enfin, le pourtour extérieur de l'aire transparente, soulevée en forme de bouclier, constitue des espèces de plaques membraneuses qui s'inclineront bientôt l'une vers l'autre, de la tête à la queue, du côté droit au côté gauche, pour former la paroi antérieure du corps de l'embryon, de même que les lames dorsales en ont formé la paroi postérieure. Cette analogie de destination, dans le développement embryologique, leur a valu le nom de *lames ventrales*. Tandis que les lames dorsales avaient enfermé le cerveau et la moelle épinière dans leur cavité, les lames ventrales, en se réunissant, circonscrivent un espace clos, enfermant les viscères déjà formés et ceux dont l'évolution n'est pas encore achevée : elles servent, en un mot, à constituer la cavité viscérale.

Pendant que toutes ces formations se produisent, l'embryon, d'abord élevé, sous forme de bouclier, au-dessus de la surface du blastoderme, se courbe sur lui-même, s'incline par ses deux extrémités vers le centre de l'œuf, et semble creusé par le soulèvement de ses lames ventrales ; de sorte qu'il représente assez bien l'aspect d'une carène de vaisseau dont la convexité est en contact avec la membrane vitelline, et la concavité en regard de la partie centrale de l'œuf (pl. II, fig. 3, 4, 5, *é*).

Reichert (1) a exposé, avec une précision remarquable, l'origine et le mode de développement de toutes ces parties et de la plupart des systèmes organiques chez l'oiseau. Il n'est pas encore évident que les premières formations embryonnaires se fassent d'une manière identique chez les mammifères. Néanmoins, comme les différences qui peuvent exister, sous ce rapport, entre les uns et les autres, ne sont pas considérables ; comme les méprises elles-mêmes, qu'a pu commettre Reichert, n'entraînent aucune idée essentiellement fausse sur les principales circonstances

Cette couche, qui continue de croître par sa périphérie, et s'étend peu à peu sur toute la surface du jaune, est destinée à former une membrane protectrice, sous l'abri de laquelle l'embryon va se développer. Elle a reçu le nom de *membrane enveloppante* (fig. 48, A, *i*).

De chaque côté d'une ligne qui parcourt la partie moyenne de l'aire transparente dans le sens de sa longueur, se dépose, au-dessous de cette enveloppe, une couche membraniforme de cellules. Cette dernière, se continuant d'un côté à l'autre, tant en devant qu'en arrière, forme une surface ovale dont la *ligne primitive* constitue l'axe central. Comme ce dépôt celluleux membraniforme s'élève, à droite et à gauche, un peu au-dessus du niveau primitif de la membrane enveloppante, il en résulte sur celle-ci un étroit sillon (fig. 48, A, *t*) séparant les deux côtés de cette nouvelle formation. Ce sillon, qui deviendra de plus en plus prononcé, constitue la *ligne primitive*. Les dépôts latéraux de cellules unies entre elles ne sont autre chose que les moitiés primitives du *système nerveux* (fig. 48, A, *n*). Dans la suite, les bords externes de ce système nerveux primitifs s'élèveront, s'inclineront l'un vers l'autre (fig. 48, B, *n*), s'uniront ensemble, et représenteront ainsi la masse tubuleuse du cerveau et de la moelle épinière, emprisonnant entre eux la portion de membrane enveloppante qui forme la gouttière primitive (1). Peu à près le soulèvement bilatéral de la membrane enveloppante, on distingue, au-dessous de la gouttière, et dans toute sa longueur, la corde dorsale (fig. 48, A, *d*).

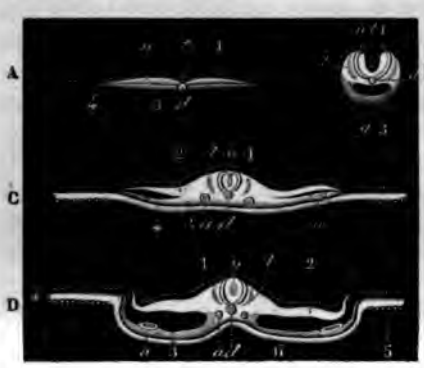


Fig. 48 (*).

Le système nerveux central est la première formation embryonnaire proprement dite. Dès que la couche de cellules destinée à constituer les moitiés pri-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 104.

(*) *Origine des divers systèmes organiques chez le poulet*, d'après REICHERT.

A. Coupe transversale d'un embryon chez lequel sont développés seulement le système nerveux central, la corde dorsale et la membrane intermédiaire.

1, membrane enveloppante; — *t*, gouttière primitive; — *n*, lames primitives du système nerveux central; — *d*, corde dorsale; — 3, portion centrale de la membrane intermédiaire; — 4, portion périphérique de la membrane intermédiaire.

B. Coupe transversale d'un embryon plus âgé, à la partie antérieure, après la production du capuchon céphalique et de la fosse cardiaque.

1, membrane enveloppante; — *t*, gouttière primitive; — *n*, moitiés du système nerveux central; — *l*, lames dorsales; — *d*, corde dorsale; — *g*, cavité cardiaque (*fovea cardiaca*); — 3, membrane intermédiaire.

C. Coupe pratiquée au milieu de la portion ventrale, sur un embryon un peu plus âgé.

1, membrane enveloppante; — *v*, les deux moitiés primitives du système nerveux central; — *d*, corde dorsale; — *l*, système cutané du tube vertébral (membrane réunissante supérieure) se continuant avec la membrane réunissante inférieure, qui a commencé à se séparer et à s'élever comme feuillet amniotique; — 2, feuillet de l'amnios; — 4, fente entre le feuillet amniotique et le reste de la membrane intermédiaire; — 3, portion de membrane intermédiaire; — *a*, les deux aortes; — *o*, les deux artères omphalo-mésentériques.

D. La même coupe, sur un embryon encore plus avancé.

3, portion intestinale de la membrane intermédiaire; — 4, sa portion périphérique; — 6, membrane muqueuse; — 5, couche corticale du jaune. — Pour les autres lettres, voyez l'explication de la coupe C.

mitives de cet important système organique s'est isolée, le second rudiment principal de l'embryon commence à paraître : c'est une membrane de forme circulaire et dont l'épaisseur surpasse celle des dépôts qui ont eu lieu jusqu'à ce moment. Cette membrane touche le système nerveux central par sa portion moyenne (fig. 48, A, 3), et comme elle le dépasse en largeur, elle touche la membrane enveloppante par sa portion périphérique (fig. 48, A, 4). Reichert (1) lui a donné, ainsi que nous l'avons dit plus haut, le nom de *membrane intermédiaire* ou *moyenne*.

On parvient souvent à détacher la membrane intermédiaire dans les premiers temps de sa formation, excepté dans l'endroit où elle touche la corde dorsale. Cette membrane est de la plus haute importance dans l'histoire du développement de l'embryon. Elle se trouve comprise entre le système nerveux central, et la membrane muqueuse qui ne va pas tarder à se déposer. Elle est le rudiment commun du système vertébral, du système cutané, du système sanguin, et de tout le système intestinal, à l'exception de la membrane muqueuse.

Les parties centrales du système nerveux et la membrane intermédiaire sont d'abord presque planes. Seulement les premières forment de légères convexités, entre lesquelles est située la gouttière primitive. Plus tard il n'en est plus ainsi : les convexités se prononcent de plus en plus ; en dehors des lames primitives du système nerveux, s'élèvent de la membrane intermédiaire deux éminences allongées, de véritables *lames dorsales* ou *vertébrales* (fig. 48, B, *l*) qui montent de plus en plus sur les côtés des parties centrales de la moelle. Ces éminences finissent par se rejoindre au-dessus des lames céphalo-spinales réunies, et produisent le canal vertébral supérieur.

En même temps, la formation d'un tube inférieur commence à s'effectuer, pour fournir à l'embryon une cavité viscérale. Mais alors cette formation est limitée à une partie de l'embryon, à son extrémité antérieure. La membrane intermédiaire, d'abord plane inférieurement, décrit une double inflexion de haut en bas, puis d'avant en arrière, à peu de distance au-devant du système nerveux central, sur une ligne correspondant au pourtour presque circulaire de son extrémité céphalique. Ce pli, nommé par de Baer *capuchon céphalique*, et qu'il ne faut pas confondre avec le capuchon céphalique de l'amnios, fait naître, par rapport à l'embryon, une sorte de bonnet situé en avant de lui, dont la partie interne est destinée à se convertir en cavité viscérale de la tête, du cou et même de la poitrine, et à produire les organes qui appartiennent à ces régions. L'ouverture inférieure ou postérieure de ce pli, celle qui regarde la cavité vitelline, indique à peu près la région où sera placé plus tard l'estomac, et se trouve, en ce moment, au niveau du cœur, d'où le nom de *fosse cardiaque*, *cavité cardiaque* (*fovea cardiaca*), que lui avait donné Wolff (fig. 48, B, *g*). Il faut se garder de croire qu'elle devienne l'entrée du canal alimentaire : loin de là, la bouche se produira à la partie antérieure et close du bonnet.

Après l'apparition de la portion céphalique du tube viscéral, on voit se former le rudiment de la *membrane muqueuse* du système digestif. C'est encore une couche membraniforme de cellules qui se dépose à la face inférieure de la membrane intermédiaire (fig. 48, D, 6).

(1) *Ouvr. cit.*, p. 106.

Cette couche est d'abord circulaire, comme le *cumulus* ou cicatricule dont elle provient chez l'oiseau ; dans l'origine, elle ne s'étend pas tout à fait aussi loin que la membrane intermédiaire. En dehors des limites de la muqueuse, cette dernière membrane est tapissée par une couche de cellules d'une nature différente, qui la séparent du vitellus. Ces cellules, dont l'ensemble se présente, il est vrai, comme une continuation immédiate du rudiment de la membrane muqueuse, diffèrent essentiellement des cellules qui constituent celles-ci. Elles sont plus pâles et plus grandes. Reichert les a nommées *couche corticale interne du jaune* (fig. 48, D, 5). Au contraire, la membrane muqueuse est formée, à son origine, des mêmes cellules, pleines de petits granules, que celles qui constituent la membrane intermédiaire, les lames primitives du système nerveux, la membrane enveloppante, en un mot, le rudiment de toutes les autres formations de l'embryon.

D'après ce qui précède, on conçoit que la membrane muqueuse ne peut pas s'appliquer à tous les points de la face inférieure de la membrane intermédiaire. Ainsi elle n'entre pas en contact avec le rudiment, en forme de fossette, de la cavité viscérale de la tête et du cou, que nous avons vu se terminer à la *fovea cardiaca*. Elle passe seulement devant l'ouverture postérieure ou inférieure de cette fossette, et la recouvre. Quand la fossette s'agrandit en avant, la paroi de la membrane muqueuse, loin de céder et de la suivre, reste tendue sur son ouverture ; il en résulte un vide entre le capuchon céphalique et la *fovea cardiaca*, dans lequel la portion céphalique de la cavité viscérale se développe, indépendamment de la membrane muqueuse. Une ouverture se produit dans cette dernière pour établir une communication entre elle et la portion céphalique : cette ouverture est le *cardia*, futur abouchement de l'œsophage dans l'estomac.

Reichert distingue, dans la membrane intermédiaire, une portion centrale et une portion périphérique. La *portion centrale* entoure la corde dorsale ; elle a formé déjà en avant la partie antérieure de la cavité viscérale. La *portion périphérique* s'étend de manière à former, par sa circonférence, une sorte d'anneau correspondant au pourtour du champ embryonnaire dans lequel se développeront les premiers vaisseaux (*area vasculosa*). Au-dessous de la portion centrale se trouve la membrane muqueuse. Au-dessous de la portion périphérique se trouve la couche corticale du jaune, qui s'étend plus loin à la face inférieure de la membrane enveloppante.

Ainsi, dans le point même où viennent d'apparaître les premiers linéaments de l'embryon, on distingue, de dehors en dedans, la membrane enveloppante, les parties centrales du système nerveux, la portion centrale de la membrane intermédiaire avec la corde dorsale, la membrane muqueuse. Autour de l'embryon, on compte (toujours de dehors en dedans), trois couches membraniformes : la membrane enveloppante, la portion périphérique de la membrane intermédiaire, la couche corticale du jaune, prolongement de la membrane muqueuse. Enfin, plus en dehors, la membrane enveloppante et la couche corticale du jaune sont directement en contact l'une avec l'autre.

On voit déjà, et l'on verra mieux encore par la suite de cette exposition, que la couche corticale du jaune avec sa partie centrale, la membrane muqueuse, est justement ce que les prédécesseurs de Reichert appelaient feuillet muqueux ou végétatif du blastoderme, et que la membrane intermédiaire du même auteur est la source commune des formations que Pander, de Baer et les autres embryologistes

attribuaient au feuillet séreux ou animal, et au feuillet moyen ou vasculaire. Il sera donc toujours facile de passer des descriptions de Reichert à l'intelligence des descriptions des autres auteurs.

La membrane intermédiaire donnant naissance aux systèmes organiques que de Baer faisait dériver des feuillets séreux et vasculaires, et même à quelques autres formations, on comprend que Reichert lui fasse jouer un très grand rôle, et la considère comme la partie la plus importante pour tous les développements ultérieurs.

En effet, le centre de cette membrane développe peu à peu de sa surface les

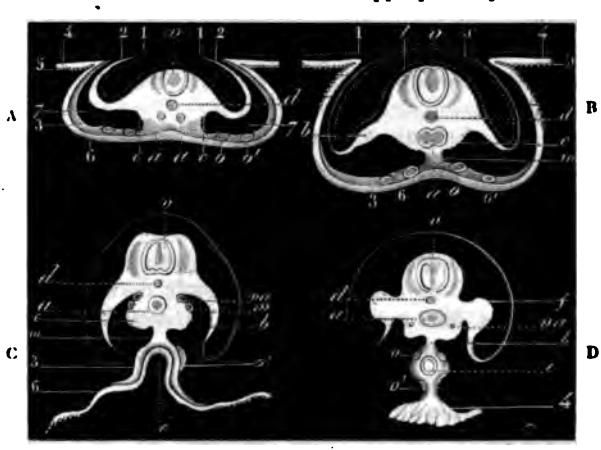


Fig. 49 (*).

systèmes auxiliaires du système central de la vie animale (fig. 48 et 49, *l*), puis le système sanguin (fig. 48 et 49, *a*, *o*, *va*); puis enfin, après avoir été de plus en

(*) *Origine des divers systèmes organiques chez le poulet*, d'après REICHERT.

A. Coupe transversale, passant par le milieu du ventre, chez un embryon de poulet dont l'amnios n'est pas encore tout à fait clos.

B. Coupe transversale, plus rapprochée de l'extrémité céphalique, immédiatement au-dessous du cœur, chez un embryon un peu plus âgé. L'amnios est complétement formé, et les lames viscérales, qui lui sont attenantes, proéminent légèrement.

C. Coupe transversale, faite dans la région antérieure du ventre, d'un embryon chez lequel commence à s'effectuer l'étranglement de la portion intestinale de la membrane intermédiaire.

D. Même coupe transversale, c'est-à-dire tout à fait au-dessous du cœur, chez un embryon plus âgé.

1, la membrane enveloppante; dans la coupe A, pli de cette membrane poussée en arrière par la lame amniotique; — 2 (A), lames amniotiques, élevées déjà latéralement sur le dos de l'embryon, et entraînant avec elles la membrane enveloppante qui est en dehors, l'aire vasculaire et le centre de la membrane intermédiaire qui sont en dedans; — 3, la membrane intermédiaire (portion intestinale); — 4, partie périphérique de la même membrane; — 5, couche corticale interne du jaune; — 6, feuillet muqueux; — 7, lacunes qui formeront plus tard la cavité du ventre; — *a a* (A), les deux aortes; — *a* (B, C, D), aorte unique résultant de la fusion des deux aortes primitives; — *b*, de chaque côté, région des lames viscérales ou ventrales, qui sont attenantes à la base de l'amnios (membrane réunissante inférieure du ventre); — *c c*, corps de Wolff, développés en dedans des lames ventrales, de la nouvelle surface de la membrane intermédiaire, sur les côtés des branches terminales de l'aorte; — *d*, corde dorsale; — *f*, les membres antérieurs; = *i*, intestin, formé par le feuillet muqueux (6) et par les lames latérales (3) du centre de la membrane intermédiaire (lames intestinales de Baer); — *l*, région des lames dorsales; — *m*, portion soudée de la partie centrale des lames intestinales, produisant le mésentère; - *o o'*, vaisseaux omphalo-mésentériques : *o*, artère; — *o'* veine; — *v a*, veines cardinales de Rathke; — *w*, canaux excréteurs des corps de Wolff : à peu près dans le même point se trouvent plus tard les canaux excréteurs des organes génitaux; — *v*, les moitiés primitives de la moelle épinière.

plus refoulé en bas et en dedans, le système intestinal (fig. 48 et 49, 3), qui sert de soutien à la membrane muqueuse, organe central de la vie végétative. Ces formations se font d'abord sans le concours du système sanguin, puis avec le concours du sang et des vaisseaux. Les premiers produits du centre de la membrane intermédiaire, sans l'assistance du sang, sont : les rudiments du système cutané, les plaques primitives du système vertébral, et la formation du système sanguin lui-même dont la présence est nécessaire pour le développement ultérieur de l'embryon.

De la portion périphérique de la membrane intermédiaire se développent l'amnios et les lames ventrales destinées à clore la cavité viscérale et à former les parois du tronc.

Nous devons décrire brièvement l'origine de toutes ces formations.

Les lames primitives du système vertébral, et les rudiments du système cutané se prononcent à peu près simultanément, lorsque les moitiés primitives du système nerveux central commencent à se condenser et à s'élever pour s'unir ensemble.

Les lames primitives du système vertébral (fig. 48 et 49, *v*) se séparent de la membrane intermédiaire, des deux côtés de la corde dorsale, sous la forme de couches membraneuses. Elles sont d'abord couvertes, dans toute leur étendue, par les moitiés primaires du système nerveux central, auquel elles correspondent par la longueur et par la largeur. Le signe le plus certain de leur présence est l'apparition de quelques segments de vertèbres (pl. I, fig. 11, *v*).

Les deux rudiments du système cutané paraissent aux côtés des lames primitives du système vertébral, sur la partie voisine de la surface du centre de la membrane intermédiaire (fig. 48 et 49, *l*). Ils donnent bientôt naissance à la membrane réunissante supérieure (*membrana reuniens superior*), destinée à recouvrir les parois du canal vertébral (fig. 48, 49, *l*) ; et à la membrane réunissante inférieure (*membrana reuniens inferior*), destinée en partie à former l'amnios (fig. 48, 49, 2) : les lames ventrales viennent s'ajouter comme formation nouvelle à cette dernière, pour clore l'abdomen et la poitrine, quand les viscères se sont développés (fig. 49, B, C, D, *b*).

L'amnios, dépendance de la membrane réunissante inférieure, se forme d'après le mode que nous avons déjà fait connaître. Il faut ajouter, d'après Reichert, que, quand les extrémités des lames du système cutané qui doivent le former se sont soudées ensemble, la membrane enveloppante se trouve emprisonnée dans leur cavité (fig. 49, A, B, I, *s*), comme il lui était déjà arrivé lors de la réunion des moitiés primitives du système nerveux. On peut encore l'y retrouver pendant quelque temps, mais elle finit par disparaître (fig. 49, C, D) ; la portion plus grande, qui reste à l'extérieur, et dont la continuité se rétablit après la clôture de l'amnios, continue de jouer le rôle de membrane enveloppante.

De même que les lames dorsales s'étaient développées de bas en haut pour clore dans leur épaisseur la portion centrale du système nerveux vertébral, et s'unir à la membrane réunissante supérieure ; de même on voit, à une période plus avancée du développement, les *lames viscérales* commencer à se développer, de haut en bas, à partir aussi des lames primitives du système vertébral, pour clore les viscères de l'embryon, en s'unissant à la membrane réunissante inférieure. Elles apparaissent, à la portion céphalique, au nombre de quatre, sous forme de pro-

longements connus sous le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux*, qui se réunissent peu à peu, et semblent remonter plus tard, en même temps que le cerveau, à cause du développement que prend bientôt la portion cervicale.

Ces lames, et celles qui constituent aussi à l'abdomen les lames ventrales, demeurent appliquées immédiatement au système cutané, lequel se continue, comme membrane réunissante inférieure, avec l'amnios (fig. 49, B, C, D, *b*). Leur apparition est le signal de la clôture du ventre, et, pour opérer cette clôture, le système cutané marche à leur rencontre. La base de l'amnios s'étend de tous côtés, de manière à embrasser les viscères déjà existants et ceux qui sont en voie de formation : il ne reste bientôt plus, de la vaste ouverture abdominale, que l'ombilic proprement dit.

Les *membres* se montrent, à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure de la cavité ventrale, sous la forme de languettes proéminentes vers le côté externe des lames viscérales (fig. 49, D, *f*).

Pour ce qui est du *système intestinal*, Reichert fait une distinction entre la membrane muqueuse comme organe central de la vie végétative, et l'ensemble de tuniques qui l'accompagne : c'est à ce dernier qu'il réserve le nom de système intestinal.

Pendant la première période du développement de l'embryon, la portion céphalique du système intestinal est soustraite, ainsi que nous l'avons dit, à l'influence directe de la membrane muqueuse. Celle-ci passe au-devant de la fosse cardiaque et ne pénètre pas dans le capuchon céphalique. Dans ce dernier, se forment la bouche, le pharynx, l'œsophage, et, plus tard, l'appareil respiratoire, dont la production se lie intimement à l'existence de la première portion du tube alimentaire.

A la région abdominale, la gouttière peu profonde (fig. 48, D ; fig. 49, A), que laissent entre eux les premiers rudiments des lames intestinales, renferme le centre de la membrane intermédiaire qui se continue antérieurement avec la portion céphalique. Entre elles et les lames viscérales sont étendus les corps de Wolff (fig. 49 *c*). Ces premiers rudiments, moitiés latérales du centre de la membrane intermédiaire, s'épaississent et tendent à se réunir (fig. 49, B, C, *m*). La réunion commence d'abord en avant, puis elle se fait en arrière, et s'étend enfin aux parties comprises entre les deux extrémités. Le centre de la membrane intermédiaire s'élève, tout en restant uni à la colonne vertébrale par l'aorte et ses branches (fig. 49, *a*) ; il s'infléchit et devient peu à peu un canal (fig. 49, C, D, *i*), qu'une large ouverture fait communiquer avec la cavité du jaune ou vésicule ombilicale. Peu à peu la séparation fait des progrès, la cavité du canal intestinal grandit, l'ouverture de communication avec la cavité vitelline diminue et finit par s'oblitérer. Le mésentère (fig. 49, B, C, *m*) résulte de cet accolement, de cette réunion progressive des lames intestinales par l'intermédiaire desquelles l'intestin reste toujours attaché au centre des formations embryonnaires.

Quant à la membrane muqueuse de l'intestin, nous avons vu comment elle s'est déposée d'abord sur la membrane intermédiaire : elle se produit par conséquent, s'agrandit, se perfectionne sans l'intermédiaire du système sanguin. C'est le seul organe important du fœtus qui soit dans ce cas.

Reichert fait provenir également de la membrane intermédiaire les rudiments

du foie, du pancréas, des poumons, des corps de Wolff et de l'allantoïde, qui apparaissent avant ceux du système intestinal.

Nous avons décrit assez longuement le développement de l'allantoïde pour n'y pas revenir. Nous décrirons celui des autres organes qui viennent d'être nommés, en étudiant le développement des divers systèmes et appareils embryonnaires.

Nous en dirons autant du développement du système vasculaire, que Reichert attribue encore à une production de la membrane intermédiaire, et sur lequel il paraît avoir émis des idées erronées relativement à l'antériorité de naissance du cœur et au rôle qu'il fait jouer à cet organe dans la formation des vaisseaux sanguins. On ne peut pas d'ailleurs séparer l'étude de la première forme de la circulation embryonnaire de l'étude des formes suivantes. Leur enchaînement est nécessaire à l'intelligence des fonctions [illegible] naissance de celles-ci est le but que nous devons nous proposer en [illegible] maintenant le développement de chaque système organique en particulier.

Développement des systèmes organiques du fœtus.

Le système nerveux étant celui de tous les systèmes organiques qui se développe le premier, il est rationnel de commencer par lui l'étude du développement des organes et des appareils. Les organes des sens en dépendent trop immédiatement pour en être séparés. Puis, nous exposerons la formation de tous les appareils que de Baer faisait provenir du feuillet séreux : le tégument externe, les os, les muscles ; les viscères appartenant à la portion céphalique de l'embryon, la bouche, l'œsophage, le poumon ; enfin, les parties qui se forment à l'extrémité opposée, les organes génitaux externes dont nous rapprocherons, pour ne pas avoir à les décrire séparément, les corps de Wolff, les organes génitaux internes et les reins.

Dans une seconde section, sera exposé le développement du tégument interne, c'est-à-dire la formation du tube digestif et de ses annexes.

Une dernière section sera consacrée à la formation du système vasculaire, au développement du cœur et des vaisseaux, et aux diverses formes de la circulation.

Développement du système nerveux, du tégument externe, des poumons, des corps de Wolff et des organes génito-urinaires.

Développement du système nerveux. — Nous avons décrit l'apparition précoce des rudiments du système nerveux dans l'aire germinative, et montré les rapports qu'ils affectent avec le sillon longitudinal médian, la corde dorsale et les autres productions blastodermiques (fig. 48, A). Peu de temps après leur formation, les deux moitiés primordiales de ce système se réunissent (fig. 48, B) et représentent la moelle épinière et le cerveau; la gouttière primitive, au-dessus de laquelle se fait cette réunion d'après Reichert (1), se transforme ainsi en canal de la moelle et ventricule du cerveau :

Bientôt après la clôture du tube médullaire, le canal contenu au milieu de ses

(1) *Das Entwickelungsleben*, etc., p. 12, 13, 66.

parois s'élargit en haut (fig. 50, A, *d*), et prend la forme de trois dilatations (fig. 50, B, 1, 2, 3) placées à la suite l'une de l'autre. De ces dilatations proviendront les principaux segments de l'encéphale, d'où le nom de *cellules cérébrales* sous lequel on les a désignées. En même temps, le canal médullaire s'élargit en bas, dans le point correspondant à la future origine des nerfs des membres inférieurs, de manière à former le renflement connu sous le nom de *sinus rhomboïdal* (fig. 50, A, *b*). Il conserve un diamètre égal dans le reste de son trajet correspondant aux points de développement des corps vertébraux (fig. 50, A, B, C, *c c c*). Cette dernière partie et le renflement inférieur constitueront, à eux deux, la *moelle épinière*.

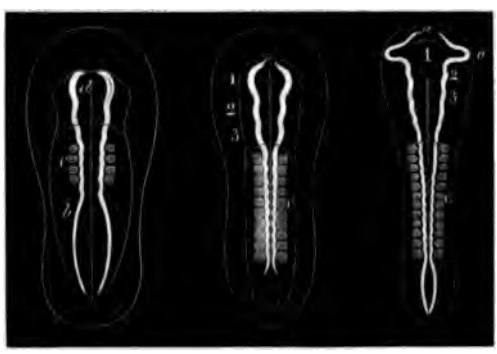


Fig. 50 (*).

Voyons comment le cerveau se développe des cellules cérébrales, et la moelle épinière du reste du canal médullaire

Cerveau. — La première cellule qui apparaisse, à l'extrémité céphalique du tube nerveux primitif, est la cellule antérieure. Elle est bientôt suivie des deux autres. La dernière, ou postérieure, se termine peu à peu en pointe du côté de la moelle épinière. Dans les deux premières, la substance nerveuse se dépose de très bonne heure sur les parois, de manière à les clore et à les développer. Dans la dernière, ce dépôt de substance nerveuse manque à la partie supérieure, de sorte que cette cellule reste comme fendue en ce point.

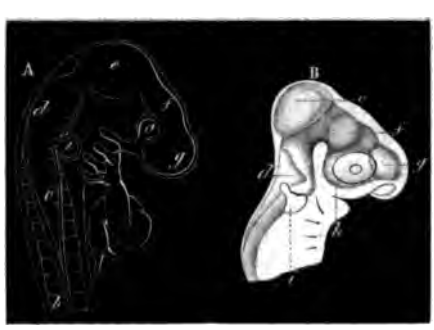


Fig. 51 (**).

Le premier phénomène qui se manifeste dans les cellules cérébrales est leur

(*) *Développement du système nerveux chez le poulet*, d'après R. WAGNER (*Icones physiologicæ*).
A. Les deux moitiés primitives du système nerveux, vingt-quatre heures après l'incubation.
B. Les mêmes, après trente-six heures.
C. Les mêmes, chez un embryon plus âgé.
c, les deux moitiés primitives des lames vertébrales ou corps des vertèbres; — *d*, dilatation antérieure du tube nerveux; — *b*, dilatation postérieure, *sinus rhomboïdal*; — 1, 2, 3, première, deuxième, troisième cellule cérébrale; — *a*, léger aplatissement de la cellule cérébrale antérieure; *o*, formation des vésicules oculaires.

(**) *Développement de la moelle allongée et du cerveau*, d'après R. WAGNER (*Icones physiologicæ*).
A. Embryon de poulet de la fin du troisième jour.
B. Embryon plus âgé.
b, lames vertébrales; — *c*, moelle épinière se continuant avec la moelle allongée; — *d*, moelle allongée s'unissant aux corps quadrijumeaux, à travers le troisième ventricule; — *f*, couches optiques; — *g*, hémisphère cérébral antérieur; — *i*, oreille; — *o*, œil.

subdivision. Cette division porte sur la cellule antérieure et sur la postérieure, de sorte que leur nombre se trouve élevé à cinq. Quant à leur destination, on reconnaît que la portion antérieure de la première cellule, prenant, chez l'homme, un plus grand développement que toutes les autres, forme la masse des *hémisphères cérébraux* (cerveau antérieur de Baer); sa portion postérieure, séparée d'abord de l'antérieure par un léger étranglement, plus tard recouverte par elle, formera la *couche optique* (cerveau intermédiaire). La seconde cellule primitive reste indivise et donne naissance aux *tubercules quadrijumeaux* (cerveau moyen). Enfin, la portion antérieure de la troisième cellule, plus courte, se développera considérablement, tant au milieu que sur les côtés, chez l'homme et les mammifères, et constituera le *cervelet* (cerveau postérieur); sa portion postérieure, plus longue, ouverte en arrière, finissant en pointe pour se continuer avec la moelle épinière, constituera la *moelle allongée*, ou *bulbe rachidien*, avec le pont de Varole (arrière-cerveau).

Tandis que les cellules cérébrales se subdivisent, elles s'incurvent dans leur ensemble pour s'accommoder à l'incurvation de l'extrémité céphalique de l'embryon, laquelle, ainsi que nous l'avons déjà dit, s'incline en avant en même temps qu'elle se soulève en totalité en arrière, au-dessus du plan du blastoderme. Cette incurvation imprime à trois points principaux des directions angulaires marquées: d'abord à la seconde cellule primitive, futurs corps quadrijumeaux (fig. 51, *c*, et surtout fig. 52, A, B, *c*), qui occupent en ce moment le sommet de l'angle, et par conséquent le point le plus élevé du système cérébro-spinal; puis, en sens inverse, entre la moelle allongée et le cervelet (fig. 52, A, B, *c*); puis enfin, dans le même sens qu'au premier lieu, au point de jonction de la moelle épinière et de la moelle allongée (fig. 52, A, B, *d*).

La figure 51 représente l'état cellulaire du cerveau que nous venons de décrire chez l'embryon du poulet à la fin du troisième jour et au quatrième jour. La disposition des cellules cérébrales n'est pas tout à fait la même ici et chez les mammifères : ainsi, on ne distingue pas encore, chez l'oiseau, les limites du cervelet. Sur le système cérébro-spinal de l'embryon humain, représenté d'après Tiedemann à la septième et à la huitième semaine, ces divisions, et surtout les trois courbures que décrit la totalité de l'appareil nerveux, sont parfaitement reconnaissables.

Ces données sur les premiers développements du cerveau et de la moelle épinière nous viennent de Pander (1), de Baer (2), Valentin (3), R. Wagner (4), Reichert (5) et de Bischoff (6). Les renseignements positifs qu'on possède sur les développements ultérieurs, surtout dans l'embryon humain, ont été fournis par Meckel (7) et Tiedemann (8). — Voici les faits les plus intéressants qui marquent le passage des cellules cérébrales aux principales parties dont se compose le cerveau après son entière évolution :

(1) *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei*. Wurtzbourg, 1817.
(2) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. II.
(3) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte*, etc. Berlin, 1835.
(4) *Traité de la génération*. — *Icones physiologicæ*.
(5) *Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*.
(6) *Développement de l'homme et des mammifères*, trad. franç. par Jourdan.
(7) MECKEL'S *Archiv.*, t. I.
(8) *Anatomie du cerveau*, Paris, 1823, trad. par Jourdan.

La partie antérieure de la première cellule croît des deux côtés de la ligne médiane plus rapidement qu'en haut et en arrière; elle croît surtout plus rapidement que la partie postérieure de la même cellule, dont elle tend à être séparée tous les jours davantage par l'interposition d'un pli de la pie-mère qui s'insinue entre elles deux. En même temps, une faible dépression médiane la divise en deux moitiés latérales, et fait d'une vésicule d'abord simple une double vésicule.

Cette double vésicule antérieure (*hémisphères cérébraux*), croissant de plus en plus en arrière, tandis qu'au contraire la couche optique tend à s'affaisser, forme peu à peu une sorte de voûte qui s'étend non-seulement au-dessus de la couche optique (fig. 52, C, C', *g*), mais encore au-dessus des tubercules quadrijumeaux, et même du cervelet.

La surface des hémisphères cérébraux est lisse jusqu'à la fin du quatrième mois. A cette époque, les plis de la pie-mère, y produisant de légères dépressions, forment les premières *circonvolutions cérébrales*. Celles-ci ne se développent plus d'une manière marquée qu'à partir du septième mois.

A mesure que la dépression médiane se prononce davantage, la cavité commune aux hémisphères cérébraux tend à se dédoubler. Cette tendance est favorisée par un accroissement de matière nerveuse qui concourt au même but, en s'élevant à partir du fond de cette cavité, et formant la cloison moyenne connue sous le nom de *cloison transparente* (*septum lucidum*). Il existe dès lors deux *ventricules latéraux*, dans chacun desquels se développent de très bonne heure les deux *corps striés*.

La première trace du *corps calleux* et de la *voûte à trois piliers* est une lame médullaire verticale placée en avant entre les deux vésicules des hémisphères cérébraux, et qui, s'infléchissant d'avant en arrière, sous forme de genou, se prolonge avec les hémisphères, vers la partie postérieure. Arrivée là, elle forme par ses bords inférieurs et internes les *piliers postérieurs de la voûte* et les *cornes d'Ammon*.

La partie postérieure de la première cellule, d'abord creuse, finit par se remplie de matière médullaire et forme les *couches optiques* (fig. 52, C', *f*). En avant

de la cavité pharyngienne se portant à la rencontre de l'entonnoir et finissant par se détacher de son point d'origine pour se mettre en connexion avec lui.

La seconde cellule cérébrale est celle qui éprouve le moins de changements. Recouverte, comme nous l'avons vu, par les hémisphères qui se sont portés sur elle d'avant en arrière, elle se remplit presque en entier de substance médullaire qui se développe surtout de bas en haut, produit les *pédoncules cérébraux*, laisse dans le milieu un étroit canal (*aqueduc de Sylvius*), qui mène dans le troisième ventricule, entre les deux couches optiques. La partie supérieure reste indivise, elle est seulement partagée en quatre régions plus saillantes par un sillon crucial superficiel : ces quatre éminences sont les *tubercules quadrijumeaux* (fig. 52, C, C′, *e*).

Fig. 52 (*).

La portion antérieure de la troisième cellule se sépare seulement assez tard de sa portion postérieure : l'une et l'autre forment d'abord, en arrière, une fosse unique (fig. 51, B, *d*). Une lamelle médullaire naissant vers la fin du second mois sur les bords de cette fosse, dans le voisinage des tubercules quadrijumeaux, est la première origine du *cervelet*. Les sillons qui divisent cet organe ne paraissent pas avant le cinquième mois. — La portion postérieure reste ouverte supérieurement et représente la *moelle allongée* (bulbe rachidien), avec le *quatrième ventricule*, sur lequel le cervelet finit par s'étendre. Ici la substance médullaire ne clôt jamais la partie supérieure du tube nerveux. Ce quatrième ventricule se continue avec l'aqueduc de Sylvius qui mène dans le troisième. Vers le troisième mois, on voit paraître, dans les deux côtés de la moelle allongée, d'abord les corps restiformes, puis les corps pyramidaux et les corps olivaires. Au quatrième mois, un nouveau dépôt de substance cérébrale produit le *pont de Varole* à l'endroit même où s'est formée la deuxième inflexion que nous avons signalée entre la moelle allongée et le cervelet (fig. 52, C′, *d*).

Moelle épinière. — Elle forme d'abord un demi-canal ouvert en haut, qui ne tarde pas à se convertir en tube complet par l'accolement de ses bords supérieurs. La dilatation rhomboïdale inférieure de ce canal a été mentionnée plus haut (fig. 50,

(*) *Développement de la moelle épinière et du cerveau chez l'homme*, d'après TIEDEMANN.

A. Cerveau et moelle épinière d'un embryon de sept semaines, vus de côté.

B. Les mêmes chez un embryon plus âgé.

b, moelle épinière ; — *d*, renflement de la moelle épinière avec l'inflexion que décrit celle-ci en avant ; — *c*, cervelet ; — *e*, masse des tubercules quadrijumeaux ; — *f*, couche optique ; — *g*, hémisphères membraniformes du cerveau.

C. Cerveau et moelle allongée d'un embryon de onze semaines.

b, moelle épinière ; — *d*, renflement de la moelle épinière avec son inflexion en avant ; — *c*, cervelet ; — *e*, élévation qui donne naissance aux tubercules quadrijumeaux ; — *g*, hémisphère membraniforme du cerveau, rabattu en arrière et en dedans ; il ne couvre pas encore les éminences destinées à former les tubercules quadrijumeaux ; — *o*, nerf optique du côté gauche.

C′. Mêmes parties coupées verticalement sur la ligne médiane d'avant en arrière.

b, membrane de la moelle épinière renversée en arrière ; — *d*, seconde inflexion en haut de la moelle épinière devenue plus épaisse et constituant les pédoncules du cerveau ; — *c*, le cervelet ; — *e*, tubercules quadrijumeaux ; — *f*, couche optique recouverte par les hémisphères ; — *g* ; *v*, troisième ventricule et *infundibulum* au-dessous duquel s'attache la glande pituitaire.

B, B, C, *b*). A l'endroit de ce renflement, de ce sinus, chez les oiseaux, le canal ne se ferme pas en dessus; chez les mammifères, son occlusion est tardive, et, pendant longtemps, la moelle épinière y semble en quelque sorte fendue.

Le *calamus scriptorius* indique le point dans lequel le canal de la moelle se continuait avec celui du cerveau. Vers la fin du troisième mois, on voit se renfler les régions qui correspondent à la sortie des nerfs brachiaux et à celle des nerfs cruraux. A cette époque, la moelle épinière descend jusqu'au bout du sacrum, et la queue de cheval n'existe pas; mais, à partir du quatrième mois, les vertèbres croissant proportionnellement plus que la moelle, celle-ci semble se retirer vers la partie supérieure du rachis.

Les *méninges* sont simplement le résultat d'une séparation histologique de la substance qui forme le tube cérébro-spinal. Chez des embryons de la septième et de la huitième semaine, Tiedemann (1) a déjà pu distinguer la dure-mère, la pie-mère, et leurs principales dépendances. Mais il n'a pas découvert les premières traces d'arachnoïde avant le cinquième mois (*).

Nerfs. — Les nerfs ne naissent pas de l'axe cérébro-spinal pour se porter aux organes; ils ne se forment pas davantage dans ceux-ci, pour aller se joindre ensuite à la portion centrale du même appareil. On les voit toujours se produire à l'endroit même où on les rencontre : leur développement tient, comme celui de tous les autres tissus, à des différences histologiques survenant entre des parties qui paraissaient d'abord similaires.

L'époque à laquelle se développent les *nerfs rachidiens* n'est pas encore bien précisée. Tiedemann n'en aperçut aucun sur un embryon âgé de sept semaines, mais il les découvrit tous sur un embryon de douze semaines.

Les nerfs *végétatifs* ou du *grand sympathique* sont à leur tour indépendants du système cérébro-rachidien; ils se forment, comme toutes les parties de celui-ci, dans les points mêmes où ils apparaissent pour la première fois, et auxquels ils doivent appartenir. Sur un embryon âgé de onze semaines, Kiesselbach (2) a vu

confirme plutôt l'opinion émise par e Baer (1), soutenue par Fréd. Arnold (2), Ammon (3) et Bischoff (4), que les yeux proviennent de deux excroissances ou prolongements creux se formant des deux côtés de la cellule cérébrale antérieure. En effet, dès que la dilatation destinée à former cette première cellule commence à se manifester, on remarque, sur ses parties latérales antérieures, deux saillies (fig. 50, C, *o*) entre lesquelles l'extrémité antérieure de la cellule s'enfonce un peu. Ces deux saillies se séparent de plus en plus, et deviennent plus latérales par rapport à la cellule du cerveau dont elles s'isolent tous les jours davantage.

De ces prolongements creux de la cellule antérieure du tube médullaire, l'extrémité se dilate en forme de sphère pour constituer le globe de l'œil, le pédicule se solidifie pour former le nerf optique. Une couche correspondante à la dure-mère du cerveau s'organise autour du premier, et forme la *sclérotique* et la *cornée transparente*. Une seconde couche, analogue à l'arachnoïde, apparaissant beaucoup plus tard que la première, forme la membrane dont la *lamina fusca sclerotica* et la *membrane de l'humeur aqueuse* sont les vestiges chez l'adulte. A la fin du premier mois, une troisième formation, analogue à la première, donne naissance à la *choroïde*.

Chez tous les animaux vertébrés, la choroïde offre, dans les premiers temps, à l'angle interne et inférieur de l'œil, une ligne incolore qui finit par disparaître, et que la plupart des anatomistes ont regardée comme une véritable fente (fig. 51, A, *o*). Suivant Huschke, cette fente serait la trace persistante de la séparation des deux yeux sur la ligne médiane. Mais Bischoff (5), s'appuyant sur l'autorité de Baer, de Rathke, et sur ses propres observations, s'élève contre cette interprétation. D'après lui, cette apparence tiendrait à ce que le tube primitif du nerf optique ne conservant pas sa forme cylindrique, mais s'aplatissant latéralement avant de se solidifier, se continuerait conséquemment avec la vésicule oculaire, non plus par une circonférence arrondie, mais par une fente oblongue. Le pigment ne se dépose sur ce pli qu'après s'être déposé sur le reste de l'œil, et à mesure que le nerf optique, en se retirant dans sa position définitive, finit par effacer cette disposition ; ce qui arrive, chez l'embryon humain, après la septième semaine.

Le *corps ciliaire* commence à paraître pendant la cinquième semaine au bord antérieur de la choroïde. L'*iris* se développe beaucoup plus tard que cette dernière et peu avant la septième semaine : il représente en tout temps un anneau complétement clos, et n'a ni fente ni raie dépourvue de pigment, comme la choroïde ; il faut donc chercher ailleurs que dans la persistance de cette fente l'explication du *coloboma*. Une formation intéressante, et qui appartient probablement à la capsule du cristallin plus qu'à l'iris, se rattache à cette dernière membrane : c'est le sac capsulo-pupillaire, dont la portion postérieure est la membrane *capsulo-pupillaire*, et la portion antérieure la *membrane pupillaire*. L'histoire de cette membrane, étudiée il y a quelques années surtout par Henle (6), a donné lieu à de vives discussions, et les opinions des anatomistes sur ce sujet sont encore trop divergentes

(1) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 113.
(2) *Untersuchungen über das Auge des Menschen*, p. 143.
(3) AMMON'S *Zeitschrift für Ophthalmologie*, 1833, p. 341.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 219.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 235.
(6) *Dissert. de membr. pupill.* Bonn, 1832.—AMMON'S *Zeitschrift*, t. I, p. 413 ; t. II, p. 371 ; t. IV, p. 22.

pour qu'il y ait utilité réelle à mentionner ici le résultat de leurs recherches. On sait d'ailleurs que la membrane pupillaire, qui était connue depuis Wachendorff (1) et Haller (2), clôt la pupille pendant une grande partie de la vie intra-utérine, qu'elle acquiert son plus grand développement au sixième mois, et disparaît au septième. Sa persistance, chez l'enfant nouveau-né, constitue l'*atrésie congénitale de la pupille.*

Nous n'avons rien à ajouter sur la formation de la *rétine.* Elle résulte seulement de l'organisation nerveuse de la partie du prolongement primitif de la première cellule cérébrale qui constitue, en se renflant, le globe de l'œil.

Le *corps vitré*, dont le volume relatif est d'autant moindre que l'embryon est plus jeune, paraît dû à une métamorphose de la portion du liquide primitivement contenu dans la vésicule oculaire, et est comparé par Huschke à l'humeur des ventricules. On pensait que le *cristallin* se produit aussi aux dépens du liquide de la cellule primitive de l'œil: mais, d'après Huschke (3), il serait au contraire une production du tégument; celui-ci s'enfoncerait au milieu de la partie antérieure de la vésicule oculaire, pour y former un sac à ouverture d'abord largement béante, bientôt resserrée de plus en plus, et finissant par se séparer de la cornée transparente; ce sac s'unirait à la capsule dans laquelle se développe le cristallin. Valentin (4), Rathke (5) et J. Müller (6) ont adopté cette opinion.

Dans le principe, les téguments couvrent la surface de l'œil, en s'amincissant et prenant peu à peu le caractère de la *conjonctive.* Pendant la dixième semaine, on voit se former, en haut et en bas, les replis cutanés qui constitueront les *paupières.* Au commencement du quatrième mois, ces replis deviennent adhérents par leurs bords libres, du moins chez les animaux; plus tard, cette adhésion se détruit, et les paupières peuvent s'ouvrir, chez l'homme, au moment de la naissance.

L'*oreille interne* procède d'une vésicule qui entre en relation directe avec le tube nerveux. On admettait qu'elle provient d'un prolongement de la troisième cellule cérébrale (fig. 51, A, B, *i*), de même que l'œil se forme d'un prolongement de la première. Mais Bischoff (7) regarde cet état comme secondaire, et croit que, dans l'origine, la vésicule auditive n'a aucune connexion avec le canal médullaire. Un cas, cité par Nuhn (8), justifie l'opinion de cette indépendance primitive: c'est celui d'un sourd-muet de naissance, chez lequel le nerf auditif manquait, bien que toutes les parties de l'oreille interne fussent dans un état parfait d'intégrité, et sans nulle trace d'altération pathologique.—Quoi qu'il en soit, on ne tarde pas à voir la vésicule auditive communiquer largement avec la troisième cellule primitive du cerveau. Ce développement est postérieur à celui de la vésicule oculaire. Le pédicule, par lequel s'établit la communication, devient le nerf auditif; la vésicule devient le labyrinthe de l'oreille.

Les *canaux semi-circulaires* et le *limaçon* sont des diverticulums de cette vésicule, qui forme elle-même la partie moyenne de l'oreille interne, le *vestibule.* Ils naissent chacun à une de ses extrémités par les plissements ou le prolongement

(1) *Comm. lit. Noric.*, 1740, p. 137.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 539.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1832, p. 17.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 198.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 41.
(6) *Physiologie*, t. II, p. 735.
(7) *Ouvr. cit.*, p. 236.
(8) *Dissert. de vitiis quæ surdo-mutitati subesse solent.* Heidelberg, 1841, p. 17.

spiroïde des parois du sac vestibulaire, et sont de bonne heure recouverts par le rocher devenu cartilagineux, ce qui en rend l'observation très difficile. Les canaux semi-circulaires se forment avant le limaçon. Meckel (1) a trouvé toutes les parties du labyrinthe complétement formées au troisième mois.

L'oreille moyenne et l'oreille externe se développent aux dépens des arcs viscéraux et du squelette, dont nous décrirons bientôt la formation.

Le *nerf olfactif* naît un peu plus tard que l'œil et que l'oreille, par un prolongement vésiculaire de la première cellule cérébrale, à la base des hémisphères cérébraux; il se loge dans les fossettes oblongues de la partie antérieure de la base du crâne, et s'y ramifie.

Les *fonctions du système nerveux*, chez le fœtus, sont bien restreintes. D'abord, on ne saurait les admettre au commencement de la vie embryonnaire, alors que les diverses parties de ce système n'ont pas encore atteint le degré d'organisation nécessaire à leur action. Il semblerait permis de supposer que, à une époque plus avancée, il peut y avoir *perception* de quelques sensations dues à des influences extérieures, puisqu'un coup, l'impression du froid sur le ventre de la mère suffisent souvent pour provoquer les mouvements du fœtus. Mais, l'existence de ces mêmes mouvements, chez les monstres acéphales, doit les faire considérer comme de simples effets du *pouvoir réflexe* de la moelle épinière.

Quant à l'influence qu'exercerait le système nerveux sur la formation et le développement des autres organes de l'embryon, non-seulement rien ne la démontre, mais toutes les observations embryologiques tendent à la faire rejeter. La partie centrale du système nerveux semble, il est vrai, apparaître dans le germe avant tout autre appareil organique. Mais les autres parties ne tardent pas non plus à se développer; et, quand elles se développent, ce n'est ni en convergeant vers l'axe cérébro-spinal, ni en s'irradiant de cet axe comme d'un centre de formation. D'ailleurs, cet axe lui-même n'a originairement aucune connexion avec la partie périphérique du système. Tous les organes et toutes les parties des organes de l'embryon se développent à la place qui leur est assignée en vue de leur destination future. L'une ne provient pas de l'autre, et les nerfs, pas plus que les vaisseaux, n'ont d'action déterminante dans leur formation. Il n'est pas un fait embryologique qui ne justifie cette manière de voir. Les phénomènes de développement que nous avons déjà étudiés, et ceux que nous allons décrire, sont contraires à toutes les théories qu'on s'est plu à édifier sur ce point, en dehors des résultats les plus simples de l'observation.

Développement des systèmes osseux, musculaire et tégumentaire. — Le squelette, le tégument externe, les muscles qui leur sont interposés et quelques autres formations, telles que les ouvertures naturelles, les appendices destinés aux organes des sens et à ceux de la génération, la partie supérieure du tube digestif et les poumons, ont une origine commune dans les premières formations de l'embryon. Il convient donc d'examiner successivement le développement de ces diverses parties.

Le rudiment de la *colonne vertébrale* apparaît de très bonne heure au-dessous des moitiés primitives du système nerveux : c'est la *corde dorsale* (fig. 48 et 49).

(1) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 200.

Cette corde, qui existe chez tous les vertébrés, et persiste même chez quelques-uns pendant toute la vie, est un cylindre gélatineux terminé en pointe à son extrémité céphalique et à son extrémité caudale. Elle est formée d'un amas de cellules qu'entoure bientôt une gaîne transparente, hyaline. Elle est l'axe de formation de la colonne vertébrale, mais elle n'est pas le rachis, ni même un premier état de cette partie du squelette.

Elle persiste, entourée pourtant d'une gaîne fibreuse, et tient lieu de rachis chez les myxinoïdes. Elle persiste encore comme axe vertébral, mais entourée de lames cartilagineuses qui correspondent aux arcs des vertèbres, chez la lamproie. Son enveloppement par les productions vertébrales devient un peu plus général chez les esturgeons. Enfin, cet enveloppement est complet chez la plupart des vertébrés d'un rang plus élevé : tout autour de la corde dorsale, se dépose une matière plastique partout homogène, accumulée principalement des deux côtés, et offrant de place en place des épaisseurs alternativement moindres et plus considérables. Il en résulte la formation, de chaque côté de l'axe, de petites plaques séparées les unes des autres par un intervalle étroit (pl. I, fig. 11, *v*) (*). Les premières de ces petites plaques quadrilatères apparaissent au milieu de l'embryon, vers le niveau de la future région thoracique ; leur nombre croît rapidement vers le haut et vers le bas. Elles paraissent même, à une certaine époque, plus nombreuses que ne doivent l'être les pièces vertébrales du rachis, surtout vers l'extrémité inférieure de l'embryon : ici, en effet, elles forment, dans l'espèce humaine comme chez les autres vertébrés, une véritable queue, et proéminent fortement au-dessous du futur bassin. Cette queue disparaît dans la suite, principalement par l'effet de l'accroissement de la ceinture pelvienne et des membres inférieurs ; mais aussi, à ce qu'il paraît, par une résorption partielle de sa propre substance.

Peu à peu les plaques vertébrales, poussant à la rencontre les unes des autres, au-dessus comme au-dessous de la corde, finissent par se souder deux à deux, et par représenter autant d'anneaux qu'il y avait de paires de plaques, renfermant encore la corde dorsale à leur centre. Ces anneaux s'élargissent, s'épaississent, étranglent de plus en plus le cylindre gélatineux qu'ils entourent, et déterminent sa disparition complète. Il n'en reste plus de traces qu'entre les anneaux (ligaments intervertébraux) : les anneaux eux-mêmes ont constitué les *corps des vertèbres*.

Avant que cette formation se soit accomplie, les arcs vertébraux (*lames* et *apophyses épineuses*), et les *apophyses transverses*, avec leurs prolongements costaux ou autres, ont commencé à paraître. Le *sternum* lui-même se développe à l'extrémité inférieure de ces dernières, de deux parties qui se soudent ensemble. Quant au nombre des points d'ossification qui apparaissent dans toutes ces portions primitivement cartilagineuses, et aux époques de cette apparition, je renvoie le lecteur à tous les traités d'ostéologie et d'anatomie descriptive.

Le *crâne* n'est qu'une continuation, une dilatation de la colonne vertébrale. D'après Rathke (1), la gaîne de la corde dorsale, arrivée à une certaine distance au delà de l'extrémité antérieure de cette corde, s'étale, ainsi que ses deux ailes ou parties latérales, en une table horizontale qui forme la base future du crâne, et

(*) Voyez aussi dans le texte, fig. 50.

(1) *Entwickelungsgeschichte der Natter.* — Et *Vierter Bericht über das Naturwissenschaftliche Seminar zu Kœnigsberg*, 1839.

s'étend jusque derrière l'*infundibulum*. De là partent, en avant, plusieurs prolongements auxquels Rathke a donné le nom de *poutres du crâne*. Des trois principaux, l'un, qui est médian et impair, disparaît sans laisser de traces; les deux pairs vont toujours se rapprochant l'un de l'autre, et, chez les mammifères, se soudent de très bonne heure. Ce sont là les rudiments des os permanents de la base du crâne. Trois points d'ossification se produisent à la suite les uns des autres : le premier naît absolument de la même manière que le corps d'une vertèbre, à l'extrémité de la corde dorsale, c'est l'*os basilaire* ou *corps de l'occipital ;* les deux autres se forment dans la gaîne plastique qui prolonge la corde dorsale, ce sont le *corps postérieur* et le *corps antérieur du sphénoïde.*

Ces sortes de vertèbres se composent, en outre, de parties latérales qui se développent plus tard dans la capsule cérébrale, et jouent, par rapport à elle, le même rôle que les lames et les apophyses par rapport aux corps vertébraux du rachis. Ce sont les occipitaux latéraux, les sphénoïdaux postérieurs ou grandes ailes, les antérieurs ou petites ailes; et en dessous, l'occipital postérieur, les pariétaux, et le frontal.

La cloison des fosses nasales, les cornets du nez, l'ethmoïde, appartiennent à la même formation.

Le développement de la *face* se fait par des productions analogues à celles qui se déposent, dans toute l'étendue du tronc, en dedans des deux lames de la membrane réunissante inférieure, pour former les parois de la poitrine et du ventre. A la face et au cou, ces productions sont isolées; elles croissent individuellement sous forme de lamelles qui se réunissent sur la ligne médiane, mais qui sont séparées les unes des autres par des fentes, pendant un temps plus ou moins long. Elles portent le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux*. Voyons comment elles se forment, et comment, plus tard, elles donnent naissance aux mâchoires, à la cavité buccale, à l'hyoïde, à la paroi supérieure du cou.

Rathke (1) découvrit, sinon l'existence des fentes sur le côté du cou de l'embryon, du moins l'universalité de cette disposition anatomique chez les embryons de tous les animaux vertébrés, sans en excepter l'homme. Ces fentes transversales sont disposées régulièrement au-dessous les unes des autres, et comprennent entre elles des languettes de substance organique ; l'idée que ces arcs et ces fentes étaient, sinon les analogues, du moins les représentants de l'organe respiratoire des poissons, leur a fait donner le nom d'*arcs branchiaux*, *fentes branchiales*. Reichert (2), dans son important travail sur ces organes, a changé justement cette dénomination vicieuse, à laquelle il a substitué celle d'*arcs viscéraux*, *fentes viscérales*. Mais il n'est pas d'accord avec les autres embryologistes sur le nombre des arcs viscéraux : il n'en admet jamais que trois, tandis que, d'après Rathke (3) et de Baer (4), on en observe cinq chez l'oiseau, et quatre chez les mammifères (pl. III, fig. 1).

Ces quatre lamelles procèdent de l'extrémité supérieure de la colonne vertébrale. Les trois premières correspondent aux trois cellules cérébrales, ou plutôt partent

(1) *Isis*, 1825, p. 477 et 1100; 1827, p. 84; 1828, p. 108. — *Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte*, t. I et II.

(2) *De arcubus sic dictis branchialibus*. Berlin, 1837. — MECKEL'S *Archiv*, 1837, p. 120. — *Entwickelungsleben*, etc. — Et *Entwickelungsgeschichte des Wirbelthierkopfes*.

(3) *Ouvr. cit.*

(4) *Des branchies et des vaisseaux branchiaux dans les embryons des animaux vertébrés* (MECKEL'S *Archiv*, 1827, 1828, et *Répertoire général d'anatomie* de BRESCHET, 1828, t. VI, p. 41, 51). — *Entwickelungsgeschichte*, t. I et II.

des corps vertébraux qui leur servent de support; elles commencent sous forme de prolongements appliqués contre la face interne des parois latérales du capuchon céphalique, et s'avancent vers la ligne médiane de la même manière que les prolongements costaux, qui procèdent des vertèbres du dos pour former les parois thoraciques. Le quatrième arc viscéral chez les mammifères, le quatrième et le cinquième chez les oiseaux, ont les mêmes relations avec les vertèbres cervicales supérieures que les trois premiers avec les vertèbres céphaliques; mais leurs métamorphoses, au lieu de donner naissance à des parties permanentes du squelette, ne servent à produire que des parties molles du cou.

Nous avons vu que le feuillet séreux, ou, d'après Reichert, la membrane intermédiaire, se réfléchit de toutes parts au-dessous de la tête de l'embryon, et forme entre elle et le rachis une cavité close, limitée antérieurement par la première cellule cérébrale, et postérieurement par la muqueuse de l'intestin futur continue avec celle de la vésicule ombilicale, cavité dans laquelle se développe le cœur. Plus tard, l'œsophage et les organes pulmonaires se développeront dans cette même cavité (capuchon céphalique), aux dépens de la membrane intermédiaire ou de la masse blastématique qui la remplira; mais auparavant on voit se former, à son intérieur, les dépôts organiques désignés sous le nom d'arcs viscéraux, et se produire à sa surface plusieurs ouvertures dont les unes se fermeront, dont les autres se convertiront en orifices ou canaux permanents. Ces ouvertures sont d'ailleurs comprises entre les extrémités d'un même arc viscéral (ouvertures de la bouche, du nez), ou de chaque côté entre les arcs viscéraux voisins (fentes viscérales).

La *bouche* et ses dépendances, le nez, les deux mâchoires, le palais, se produisent aux dépens du premier arc viscéral. Voyons d'abord comment apparaît l'ouverture buccale chez l'embryon, et nous pourrons comprendre ensuite toutes les productions du premier arc viscéral.

Un bourgeon frontal, descendant au-dessous de la cellule cérébrale antérieure, et deux bourgeons latéraux (fig. 53, *ms*, *mi*) convergent vers un point de la ligne médiane, laissant entre eux un intervalle. Cet intervalle, derrière lequel le blastème contenu dans le capuchon céphalique se creuse pour former le pharynx, et au-devant duquel le feuillet séreux qui forme le même capuchon se détruit peu à peu comme par une sorte de corrosion, est le futur orifice buccal. Tout autour de cet orifice se développent ensuite plusieurs appendices qui, en se combinant ensemble, constitueront le nez et la bouche, ou l'entrée des cavités naturelles. Cette entrée est d'abord simple; elle ne se dédouble que plus tard par les progrès des appendices, de manière à constituer supérieurement l'ouverture et la cavité nasales, inférieurement l'ouverture et la cavité buccales. Les appendices dépendants du pre-

Fig. 53. — *Développement de la bouche et de la face* (*).

(*) Explication de la figure 53. — Apparition de l'ouverture buccale, sur un embryon humain âgé de vingt jours environ, emprunté à la collection de Coste. On voyait la réflexion récente de l'allantoïde sur la face interne du chorion. On distingue sur la figure 53, en dehors, l'amnios; en bas et dans le milieu, le cœur, simplement tubuleux, contourné en S; au-dessus, dans l'épaisseur du capuchon céphalique, on distingue l'origine de l'ouverture buccale, formée, en haut, par un bourgeon frontal dominé par les saillies de la cellule cérébrale antérieure; sur les côtés, par un bourgeon maxillaire supérieur *ms*, et par un bourgeon maxillaire inférieur *mi*, appartenant l'un et l'autre au premier arc viscéral.

mier arc viscéral, qui concourent à cette formation, sont au nombre de six, et même de huit en y comprenant les ailes du nez.

Les deux appendices postérieurs ou inférieurs sont destinés à former, par leur réunion, la mâchoire inférieure (fig. 53, 54, 55, 56, 57, *mi*). En avant et en dehors d'eux, sont deux autres appendices plus éloignés l'un de l'autre, et qui resteront plus longtemps séparés : ce sont les mandibules supérieures ou antérieures (*ms*), destinées à former, par leur union sur la ligne médiane, la mâchoire supérieure. Mais ils sont, pendant quelque temps, rejetés tout à fait sur le côté, et si éloignés l'un de l'autre, que, dans l'intervalle qu'ils laissent entre eux, on voit se développer des bourgeons incisifs (*i*), sortes d'excroissances du bourgeon frontal primitif. Ces deux bourgeons incisifs et les deux mandibules supérieures sont tellement écartés de chaque côté de la ligne médiane, que l'œil est, à cette époque, refoulé tout à fait en arrière (*o*), et qu'en regardant l'embryon de face, il est impossible d'apercevoir cet organe. Enfin sur les côtés, entre la future narine et l'œil,

Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56.

Développement de la bouche et de la face (*).

se développent deux autres bourgeons dont l'accroissement donnera naissance aux ailes du nez (*l*).

Au-dessous de toutes ces parties, dans l'épaisseur du capuchon céphalique, s'est formée une vaste cavité communiquant avec l'extérieur, de chaque côté, par quatre fentes transversales (pl. III, fig. 1). Ces fentes sont d'autant plus longues qu'elles sont plus antérieures; elles sont formées aussi par érosion de la portion du feuillet séreux interposé aux trois seconds arcs viscéraux, et font communiquer directement la surface extérieure du corps de l'embryon avec la cavité nouvellement formée qui prend le nom de *pharynx*. En regardant cet appareil nouveau par sa partie postérieure, on ne peut s'empêcher d'y reconnaître l'aspect de l'os hyoïde et de l'appareil branchial des poissons (fig. 58). Nous verrons bientôt les changements qui se passent dans cette partie inférieure du système des arcs viscéraux;

(*) Fig. 54.— Développement de la bouche et de la face sur un embryon humain de vingt-cinq jours environ.

Fig. 55. — Développement de la bouche et de la face sur un embryon humain de trente jours environ.

Fig. 56. — Développement sur un embryon humain de trente-cinq jours environ.

Tous ces dessins sont empruntés à l'atlas de Coste (*Hist. génér. et particul. du développ. des corps organisés*).

mi, mâchoire inférieure; — *ms*, mâchoire supérieure; — *i*, bourgeon incisif; — *l*, bourgeons des ailes du nez; — *n*, narine; — *o*, œil; — *g*, voûte palatine.

arrêtons-nous, pour le moment, à ceux qui se produisent dans la partie supérieure pour compléter la bouche.

Pour que le vestibule, ou cloaque antérieur, constitue la bouche et les fosses nasales, les mandibules inférieures commencent à se réunir. Il en sera plus tard de même des mandibules supérieures; mais, avant que cette union se soit opérée, on remarque un sillon qui se porte de l'angle interne de l'œil sous l'appendice de l'aile du nez, vers l'ouverture buccale (fig. 54, 55, 56) : c'est l'origine du canal nasal, lequel s'ouvre, à cette époque, dans la bouche aussi bien que la narine correspondante. En même temps que les mâchoires supérieures marchent à la rencontre l'une de l'autre, les bourgeons incisifs diminuent de volume, à tel point qu'ils finissent par ne plus suffire qu'à l'implantation d'une seule dent, la dent incisive.

A mesure que la mâchoire supérieure tend à se fermer, les bourgeons de l'aile du nez (*l*) se développent. Une suture se produisant sur la joue, dont la ride interne est une trace, complète le canal nasal. L'aile du nez n'est plus libre alors par son bord externe, mais repose par ce bord sur la mandibule supérieure; de sorte que, quand cette dernière se rapproche de la ligne médiane, elle entraîne avec elle l'aile du nez : celle-ci se réunit à celle du côté opposé et achève la formation de la face. Plus tard, le bourrelet labial vient se surajouter aux diverses formations dont la fusion a formé l'orifice buccal.

Dans le même temps, se passent profondément des phénomènes analogues, et dont le but est le même que celui des phénomènes extérieurs, à savoir : la séparation de la bouche et des fosses nasales, et la division de celles-ci en deux moitiés latérales. Sur les bourgeons incisifs, dont les ailes du nez sont des sortes d'appendices, se creusent, en dedans et en haut, des dépressions qui finissent par donner naissance inférieurement à une demi-voûte palatine de chaque côté. Chacune de ces demi-voûtes s'avance vers la ligne médiane, poussée pour ainsi dire par les mandibules supérieures; leur union détermine la séparation de la bouche et du nez. Quant à la cloison des fosses nasales, elle vient toujours de la voûte, et descend jusqu'à la rencontre du plancher, avec lequel elle se soude.

Fig. 57. — *Développement de la bouche et de la face* (*).

L'arrêt de développement d'une ou de plusieurs de ces formations suffit pour donner naissance aux monstruosités par division, de nature si diverse, qui portent sur les aboutissants de l'orifice buccal : tels sont les becs-de-lièvre, simple ou double, la division du voile du palais, de la voûte palatine, etc.

Pour compléter ce qui est relatif au développement de l'ouverture antérieure, il nous reste à dire quelques mots sur la formation des dents qui devront garnir de leurs deux rangées les mâchoires supérieure et inférieure. D'après Goodsir (1), vers la sixième semaine environ, chez l'embryon humain, la membrane muqueuse,

(*) Développement de la bouche et de la face, sur un embryon humain âgé de quarante jours environ, d'après Coste.

mi, mâchoire inférieure, derrière laquelle on aperçoit un bourgeon lingual; — *ms*, mâchoire supérieure; — *i*, bourgeon incisif; — *l*, aile du nez; — *n*, narine; — *o*, œil.

(1) *Edinburgh Medic. and Surg. Journal*, t. XXXI, p. 1.

qui tapisse primitivement le bord des mâchoires s'épaissit par l'effet d'un dépôt extérieur de masse grenue. La gouttière dentaire primitive s'y développe, d'arrière en avant, sous forme de sillon. Du fond de cette gouttière s'élèvent bientôt de petites saillies ou papilles ovalaires, qui sont les germes des dents. Entre ces germes se développent les futurs alvéoles, d'abord très petits par rapport à eux, mais croissant plus tard, au point d'envelopper complétement les germes. Ils forment ainsi à ces derniers des espèces de sacs ou follicules. Entre le germe et le follicule s'amasse une substance gélatineuse grenue. Après la naissance, quand la dent se développe, elle se forme en partie du germe (l'ivoire), en partie du follicule (l'émail) qui s'érode pour la laisser sortir (*).

Fig. 58.—*Arcs viscéraux, poumons, estomac, foie* (**).

D'autres phénomènes s'accomplissent simultanément dans l'intérieur de la *cavité pharyngienne*. Celle-ci est très évasée vers la bouche, très rétrécie au niveau de l'œsophage et de la cavité pulmonaire commençante, et communique avec l'extérieur par les quatre fentes viscérales (fig. 58). Elle est limitée, en haut, par le premier arc converti en mâchoire ; en bas, par deux ouvertures, celle de l'œsophage et celle qui conduira dans le larynx et la trachée, c'est-à-dire la glotte future. Sur la ligne médiane, entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral, on voit se soulever, du plancher même du pharynx, un petit bourgeon médian qui grandit peu à peu, et finit par former la *langue* (fig. 59). Le second et le troisième arc viscéral occupent par rapport à elle la position de l'*hyoïde*, qu'ils vont bientôt former en effet, l'un donnant naissance à ses petites cornes, l'autre à son corps et à ses grandes cornes. Le second va de plus former l'étrier et le ligament styloïdien. Quant au marteau et à l'enclume, ils sont des dépendances du premier arc viscéral.

La fente située entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral commence alors à s'oblitérer, mais seulement à sa partie interne ; sa moitié externe va donner lieu, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, à des formations très importantes. Extérieurement, elle se transforme en *conduit auditif* et *oreille externes ;* intérieurement, en *caisse du tympan* et *trompe d'Eustache*. Aussi ces parties ne présentent-elles des caractères distinctifs qu'à une époque avancée. Nous savions déjà, d'après Meckel (1), qu'on aperçoit seulement vers la fin du second mois le conduit auditif externe et les rudiments du pavillon.

Tandis que la langue se développe au-dessus des deux seconds arcs viscéraux, on voit naître au-dessous une petite élévation arrondie unie au rudiment de la langue par une languette étroite croissant de plus en plus et courbant son sommet en arrière : c'est l'*épiglotte*. Au-dessous de ce point, la masse plastique qui réunit

(*) Consultez, sur le même sujet, les recherches de G. Cuvier, de Blainvile, R. Owen, Arnold, Müller, et aussi le récent travail de Natalis Guillot, intitulé : *Recherches sur le développement des dents et des mâchoires* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, séance du 29 mars 1858).

(**) Appareil des arcs viscéraux et des fentes viscérales, chez un embryon humain de trente-cinq jours environ, d'après Coste. La cavité du pharynx est ouverte et laisse voir sa face interne.

m, mâchoire inférieure ; — *h*, petites cornes de l'hyoïde ; — *b*, arcs viscéraux inférieurs ; — *g*, glotte ; — *p*, poumons ; — *f*, foie ; — *e*, estomac ; — *i*, intestin.

(1) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 194.

entre eux, dans le milieu, les quatrièmes arcs viscéraux, donne naissance au *larynx* en produisant d'abord les cartilages aryténoïdes.

Voilà à peu près tout ce qui reste de l'appareil branchial : les autres portions des arcs viscéraux se fondent avec les parties molles de la région supérieure du cou, et le larynx, une fois formé, remonte vers l'os hyoïde, pour contracter avec lui les rapports qu'il doit conserver pendant toute la vie. En effet, la troisième fente branchiale tarde peu, après la seconde, à se remplir de masse plastique, sans donner naissance à aucune partie permanente spéciale. Il en est de même du quatrième arc viscéral et de la quatrième fente, plus petite que les autres, située entre lui et le reste du cou.

Entre la cavité pharyngienne, dont on vient de voir la formation, et l'extrémité antérieure du tube intestinal proprement dit, existe un intervalle. Cet intervalle, à la vérité très court, touche, en haut ou en avant, à l'extrémité inférieure du pharynx, en bas ou en arrière, au cul-de-sac ou entrée antérieure de l'intestin futur (*aditus anterior ad intestinum* de Baer, *fovea cardiaca* de Wolff). Il est rempli de blastème ou matière organisable, ou, si l'on veut, de la portion de membrane intermédiaire de Reichert comprise entre le cœur et le rachis. Aux dépens de ce blastème, entre le pharynx et l'estomac, vont se former l'œsophage, la trachée et les poumons.

L'*œsophage* est moins le commencement de l'intestin que le canal de communication du pharynx et de la cavité orale avec le commencement même du tube intestinal. Nous pensons, en effet, avec Reichert, que l'*aditus anterior* de la muqueuse ombilico-intestinale ne pénètre pas jusqu'à la bouche, et qu'il ne contribue pas en conséquence à former cette cavité. Il ne doit former non plus ni le pharynx ni l'œsophage ; il est plus probable que sa communication avec les cavités antérieures qui dépendent d'un feuillet autre que le feuillet muqueux, se fait seulement au niveau du cardia, c'est-à-dire dans le point où l'œsophage se joint à l'estomac.

Nous sommes d'autant plus porté à adopter cette opinion, que, jusqu'ici, les idées que l'on a sur le développement de la portion œsophagienne du tube digestif sont pleines d'obscurité, et que d'ailleurs on ne peut douter du mode tout spécial de ce développement, si l'on songe à l'absence du mésentère entre la colonne vertébrale et l'œsophage, et à la présence constante de cette attache membraneuse sur tout le reste du tube digestif, c'est-à-dire sur l'intestin proprement dit.

D'ailleurs, l'œsophage ne subit, dans le cours de son développement, aucun changement notable. Il s'accroît beaucoup en longueur, comme on peut en juger en mesurant (fig. 58), le peu d'étendue qu'il occupe d'abord ; mais il ne change pas de direction et reste toujours à peu près rectiligne.

Sur la face antérieure de ce conduit membraneux, immédiatement au-dessous de la cavité pharyngienne, on voit se développer les *poumons*. Nous avons dit qu'une petite ouverture paraît dans ce point, en haut et en avant de la face interne de l'œsophage (fig. 58, *g*). Cette ouverture conduit, d'après Coste, dans un bourgeon médian, où se creuse bientôt un cul-de-sac très court. Ce bourgeon, ce cul-de-sac, formeront l'appareil pulmonaire tout entier ; la petite ouverture, en s'allongeant, se convertira en trachée-artère et larynx.

Le bourgeon médian, en effet, est bientôt divisé par une fente en deux bourgeons

latéraux; la cavité qui le creusait se prolonge dans chacun des deux nouveaux bourgeons, se bifurquant comme l'excroissance primitive en deux cavités latérales, dont l'une sera le poumon droit, l'autre le poumon gauche (fig. 58, *p*). Ces culs-de-sac, poches ou ampoules pulmonaires, constituent une disposition transitoire comparable à la disposition permanente des poumons de certains animaux.

Fig. 59. — *Hyoïde, poumons* (*).

Tout le développement ultérieur du poumon consiste dans la dichotomisation successive de ces culs-de-sac dont l'ensemble forme, à la fin, une sorte d'arbre creux à extrémités terminales renflées.

L'échancrure marquant la division de la cavité pulmonaire primitive en deux monte d'abord jusqu'au niveau de l'ouverture commune de ces cavités dans l'œsophage. Il n'y a pas alors, à proprement parler, de trachée-artère, mais seulement un intervalle creux de communication très court, et qui, s'allongeant peu à peu, donne naissance au tube aérifère (fig. 59, *t*).

Ce mode de formation des poumons a été admis d'abord par Rathke (1), Wagner (2) et plusieurs autres embryologistes. Plus tard, Rathke (3) est revenu à l'opinion de de Baer (4), qui fait provenir les poumons, chez le poulet, après le milieu du troisième jour, de deux petits tubercules primitifs, et jamais de la division d'un tubercule unique (fig. 60, A, B).

Ce dernier embryologiste croyait aussi les poumons primitivement creux. Rathke pensait au contraire qu'ils sont d'abord solides, et les considérait conséquemment comme une végétation de la membrane externe de l'œsophage. Suivant Reichert (5), ils ne sont ni un cul-de-sac de la paroi de l'œsophage prise dans sa totalité, ni un bourgeonnement de sa tunique extérieure; mais une masse claviforme de cellules se formant, comme l'œsophage, comme tous les organes voisins, aux dépens de la membrane intermédiaire, et paraissant à peu près dans le même temps que le foie. Bischoff (6) admet qu'ils naissent à la partie supérieure de l'œsophage, au-dessus de l'estomac, sous la forme de deux tubercules provenant d'un bourgeonnement de la couche œsophagienne externe, dans lequel ne pénètre pas la couche interne.

Le mode de développement de la *trachée* qui vient d'être exposé, et qui a été décrit pour la première fois par de Baer, est aussi très controversé. D'après Rathke, la trachée ne serait pas formée par l'allongement de la racine commune des deux poumons s'éloignant peu à peu de leur origine; mais elle existerait de très bonne heure entre les rudiments pulmonaires et le futur larynx, sous la forme d'une couche muqueuse étendue le long de l'œsophage, dans laquelle se développerait plus tard

(*) Développement de la langue, de l'hyoïde, de la glotte, de la trachée et des poumons sur un embryon humain âgé de quarante jours environ, d'après COSTE.
m, mâchoire inférieure; — *h*, hyoïde; — *g*, glotte; — *t*, trachée; — *p*, poumons.

(1) *Physiologie* de BURDACH, t. III, p. 485.
(2) *Histoire de la génération et du développement*, p. 112.
(3) MECKEL'S *Archiv*, 1830, p. 70.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. I, p. 6.
(5) *Entwickelungsleben*, p. 193.
(6) *Ouvr. cit.*, p. 335.

une cavité. Suivant Reichert (1), on verrait, à partir des rudiments des poumons, deux languettes blanchâtres et un peu plus consistantes que le reste du blastème, se portant en avant, le long du tube intestinal, et se réunissant bientôt pour produire la trachée.

Les anneaux de la trachée naissent sous forme de languettes simples, et passent par tous les degrés de la formation des cartilages.

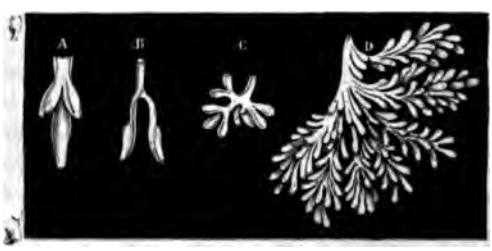


Fig. 60. — *Développement des poumons* (*).

Le développement du tissu pulmonaire, c'est-à-dire la formation des cellules du poumon et des ramifications bronchiques, ressemble beaucoup à celui des glandes en grappe, et semble suivre la même marche. Les deux rudiments des poumons, d'abord lisses et sans divisions superficielles, se composent d'un blastème formé de cellules dont l'intérieur offre, dans chaque poumon, une petite figure claviforme. Quand une cavité commence à se former dans la trachée et dans les bronches, qui sont primitivement solides, on voit ces premiers rudiments bronchiques pousser des bourgeons sur leurs côtés et à leurs extrémités, comme les glandes à grappes. Ces bourgeons représentent les ramifications des bronches (fig. 60, C, D) : ils ont exactement la même forme que les premiers rudiments, et l'on voit aussi la cavité future se préparer dans leur intérieur. Avec le temps, les ramifications des bronches deviennent de plus en plus nombreuses et serrées ; mais leurs derniers rejetons seuls constituent les cellules pulmonaires, qui tiennent ici la place des vésicules glandulaires. Ces cellules se recouvrent d'un épithélium et renferment une cavité dans laquelle l'air pénètre après la naissance.

L'apparence celluleuse extérieure des poumons, chez le jeune embryon, n'indique pas, du reste, la formation précoce des véritables cellules pulmonaires à leur intérieur : elle annonce tout simplement le développement de leurs lobes et de leurs lobules.

Lorsque les rudiments du système vertébral de la tête et du tronc se sont produits et que les organes des cavités viscérales ont commencé à se développer, on peut apercevoir les premières traces des extrémités, sous la forme de deux languettes étroites qui s'élèvent le long des côtés de l'embryon et prennent plus d'accroissement en haut et en bas que dans le milieu, de manière à former de chaque côté deux saillies perpendiculaires aux parois latérales du corps (pl. III, fig. 2).

Les *membres* se développent de cette manière, non-seulement chez tous les mammifères, mais chez tous les vertébrés : qu'ils doivent servir ensuite à la natation, à la reptation, à la marche ou au vol, leur forme première est toujours la même. Cette élévation primitive laisse bientôt distinguer une extrémité un peu plus large, aplatie, arrondie, et un pédicule plus rond qui est uni au corps. La plaque est le rudiment de la main ou du pied ; le pédicule, celui du bras et de l'avant-bras, ou de la cuisse et de la jambe.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 193.

(*) A, B. Développement des poumons, d'après RATHKE. — C, D. Développement histologique des poumons, d'après J. MÜLLER. Formation des ramifications bronchiques et des cellules pulmonaires.

mns après, ces tubercules deviennent plus saillants, et l'on remarque, de l'extrémité plate, quatre légères échancrures, qui sont les des doigts et des orteils.

comme dans les autres parties du corps, les *muscles* sont, seaux, les nerfs et tous les autres tissus, un produit de la qui s'opère, par l'effet du développement, dans la masse à tous les organes ou appareils d'organes. Suivant Bur- à les apercevoir, dans l'embryon humain, à la fin du troi- lentin (2), ils se développent dans l'ordre suivant : d'abord ondes des muscles dorsaux, puis le long du cou, les grand urs de la tête ; viennent ensuite le droit et le transverse du me lieu, les mu trémités, les deux couches supé- s, le grand obliq it oblique ; enfin les muscles de

abdominaux se sont dé pés et remplissent la cavité du les poumons et le cœur dans la poitrine ; dans ce moment, se ragme.

de très bonne heure, dès le commencement du second mois, de l'embryon, sous la forme d'une couche composée du derme nis. On aperçoit les papilles dès le quatrième mois, presque pect que chez l'adulte. L'épiderme commence à se séparer du le courant du second mois. Le pannicule adipeux paraît, dès la quator- laine, à la plante du pied et au creux de la main ; les glandes sébacées dans toutes les autres parties du corps, vers le milieu du quatrième mois, et les glandes sudorifères vraisemblablement au commencement du cinquième mois.

Le *poil* qui paraît d'abord chez l'embryon est d'une nature particulière ; il porte le nom de *duvet*, *poil follet*, *lanugo*. Il est très fin et très mou, ne devient pas très long, tombe en partie durant les derniers mois de la vie intra-utérine, et se mêle aux eaux de l'amnios ; le reste tombe après la naissance. Eschricht (3) a décrit avec soin la disposition qu'il affecte sur les divers points de la surface du corps.

La formation des poils commence à la fin du troisième mois. Elle s'annonce, d'après Heusinger (4), par l'apparition de petits grains de pigment dans le derme. Ces espèces de taches, d'abord globuleuses, prennent ensuite, d'après Valentin (5), une forme pyramidale conique ; elles constituent de véritables follicules, que leur enduit pigmentaire avait rendus visibles de bonne heure, et dans lesquels existe déjà un petit poil. Ce petit poil s'est formé sur une matière pulpeuse, sur une sorte de papille conique qui s'est élevée du fond du sac ou follicule.

Dès le troisième mois, on reconnaît, à la dernière phalange des doigts, le pli circulaire qui doit plus tard se creuser en matrice de l'*ongle*. Mais c'est seulement au cinquième mois que l'ongle, composé de cellules aplaties comme celles de

(1) *Physiologie*, t. III, p. 401.
(2) *Entwickelungsgeschichte*, etc., p. 166. - MÜLLER'S *Archiv*, 1840, p. 198.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1837, p. 37.
(4) REIL'S *Archiv*, t. VII, p. 409.
(5) *Entwickelungsgeschichte*, p. 275.

l'épithélium, acquiert un peu de solidité avec les caractères qui le distinguent de l'épiderme.

Pour terminer l'histoire des productions organiques qui dérivent du feuillet animal du blastoderme, il ne nous reste plus à étudier que le développement de l'orifice inférieur du tronc. De même que nous avons rattaché au développement de l'orifice supérieur la formation de la bouche, du nez, de l'hyoïde, du pharynx, de l'œsophage et des poumons, de même aussi nous rattacherons à celui du cloaque inférieur la formation de l'anus, des parties génitales externes, et des organes génito-urinaires internes.

Les *parties génitales externes* ne se développent qu'après que les corps de Wolff se sont produits dans la cavité du ventre, et même que les organes génitaux internes ont commencé à se former. D'après Tiedemann (1), et la figure d'embryon humain que nous avons sous les yeux, leur développement commence vers la cinquième semaine.

Cet appareil se forme, comme l'appareil buccal, aux dépens du feuillet interne du blastoderme sous lequel s'accumule la matière plastique. Cette accumulation de blastème donne d'abord naissance à une éminence médiane, simple, ovalaire, de laquelle proviennent secondairement des espèces de bourgeons destinés à former une série d'appendices. Sur le milieu de l'éminence primitive, et dans une direction longitudinale, se dessine une fente, une ouverture linéaire, d'abord de dehors en dedans par corrosion du feuillet tégumentaire externe, puis de dedans en dehors par corrosion du feuillet intestinal qui forme en ce point un cul-de-sac (*aditus inferior ad intestinum*). Cette fente longitudinale est l'orifice commun de tous les appareils internes correspondants qui sont en voie de formation, de même qu'avec sa première forme, l'ouverture buccale est commune à toutes les cavités qui y deviendront secondairement distinctes.

l'appareil mâle, elle est fermée en dessous par une sorte de soudure qui convertit le demi-canal primitif en un canal complet (l'urèthre). De l'arrêt de développement de cette soudure résulte le vice de conformation connu sous le nom d'*hypospadias*.

Fig. 62. — *Développement de l'anus et des organes génitaux externes* (*).

En même temps se développe, en dedans aussi bien qu'en dehors, une cloison transversale destinée à séparer le rectum de l'appareil génital, l'anus de l'orifice génito-urinaire.

Le clitoris et les petites lèvres forment donc, chez les femelles, un système comparable à celui des corps caverneux chez les mâles. Coste a constaté cette analogie en étudiant le développement de l'appareil génital des brebis; il repousse en même temps celle qu'on a voulu établir entre les petites lèvres et le scrotum, lequel est au contraire assimilable sous tous les rapports aux grandes lèvres. Outre les phénomènes embryologiques, on peut citer, à l'appui de cette opinion, la disposition, chez la femme, de la hernie inguinale qui descend dans la grande lèvre, comme chez l'homme le testicule descend dans le scrotum, et certains cas d'hermaphrodisme mâle où l'on voit les testicules dans les scrotums séparés, qui simulent des grandes lèvres.

Voici, du reste, le mode de formation du *scrotum :* dans les premiers temps de la production de l'appareil génital externe, se développent, au-dessous des futurs corps caverneux, deux corps sphéroïdaux saillants (fig. 62) qui se portent ensuite un peu en dehors et ne présentent d'abord aucune différence, quel que doive être le sexe de l'embryon sur lequel on les observe (fig. 63). J. Müller (1) a figuré aussi cette disposition sur un embryon humain. Mais, plus tard, suivant que cet embryon devra être mâle ou femelle, les phénomènes du développement se passent, dans l'un et dans l'autre cas, d'une tout autre manière.

Chez les mâles, le corps caverneux remonte vers l'ombilic. Les deux scrotums, très éloignés l'un de l'autre, ne changent pas de place; mais, par suite des changements de position relative, ils se trouvent en arrière des corps caverneux qui sont encore à l'état de demi-canal. Quand l'hypospadias a complétement disparu, les scrotums viennent au contact et se confondent sur la ligne médiane.

Si les organes génitaux se modifient au contraire en appareil femelle, le clitoris et les petites lèvres tendent à descendre au lieu de monter; ils empêchent ainsi la

(*) Développement de l'anus et des organes génitaux externes, sur un embryon humain âgé de trente-cinq à quarante jours, d'après Coste. — *o*, ouraque et pédicule de la vésicule ombilicale; de chaque côté, les vaisseaux ombilicaux; — *g*, repli cutané du cordon ombilical largement ouvert; — *i*, intestin; — *g*, saillie médiane produite par le développement de l'appareil génital. — En observant cette saillie de face, sur la figure placée à côté, on voit supérieurement deux éminences latérales, origine des futurs corps caverneux; inférieurement deux éminences plus petites, origine des futurs scrotums ou grandes lèvres. Sur la ligne médiane en haut, une fente entre les origines des corps caverneux; plus bas une ouverture, orifice uro-génital; plus bas encore une seconde ouverture, l'anus.

(1) Meckel's *Archiv*, 1829. — *Bildungsgeschichte der Genitalien*, etc. Dusseldorf. 1830.

fusion des grandes lèvres qui se réunissent seulement en arrière et en avant, embrassant dans leur ouverture moyenne le clitoris, les petites lèvres et l'orifice urogénital ou le vagin. Chez la brebis, qui n'a pas de grandes lèvres, les scrotums primitifs, destinés à former ces organes, remontent, après la descente des corps caverneux, se portent de plus en plus en avant, restent toujours séparés et s'atrophient peu à peu jusqu'à disparition complète. Chez le kangurou mâle, le scrotum, au lieu de se former par la réunion des deux moitiés primitives, en arrière des corps caverneux, se trouve placé en avant : ce changement de position relative tient à ce que les corps caverneux primitifs, au lieu de monter vers l'ombilic, comme cela arrive habituellement, sont descendus au-dessous des scrotums.

Fig. 63. — *Développement de l'anus et des organes génitaux* (*).

On comprend, d'après ce qui précède, toutes les apparences d'hermaphrodisme que l'appareil génital externe peut présenter. Il n'en est pas de même pour l'appareil génital interne : jamais, en effet, la présence simultanée d'ovaires et de testicules n'a été observée chez l'homme. L'hermaphrodisme vrai n'existe donc pas : des arrêts de développement, des lésions de l'appareil génital peuvent le simuler. Cette éventualité est d'autant plus possible, que la formation de l'appareil mâle et celle de l'appareil femelle, tant au dehors qu'au dedans, sont jusqu'à une certaine époque tout à fait identiques, et que les analogies qui, dans l'état embryonnaire, nous empêchent d'en faire la distinction, peuvent, en persistant jusqu'à l'âge adulte, jeter les observateurs dans le même embarras. Mais ces analogies de forme ne doivent pas nous faire admettre l'identité de fond ou de destination. Elles ne doivent pas non plus nous laisser supposer l'incertitude ou la contingence du sexe futur : la détermination du sexe, en effet, paraît n'être soumise à

du tube digestif. La vésicule allantoïdienne conserve quelque temps ces rapports par l'intermédiaire de son pédicule creux (ouraque), dont la partie inférieure se transforme elle-même en vessie urinaire. Il s'ensuit que les parties génito-urinaires internes et l'intestin aboutissent à un véritable cloaque, comparable à celui que nous avons vu à l'extérieur précéder la formation de l'anus et de l'orifice uro-génital.

Avant de distinguer aucune trace de testicule ou d'ovaire, de rein et de matrice, on voit, dans la cavité du corps, des organes particuliers, d'aspect glandulaire, placés sur les côtés de la colonne vertébrale et s'étendant de la poitrine au bassin, organes auxquels on a donné le nom de *corps de Wolff* ou de *Oken*, en souvenir des premiers anatomistes qui les ont décrits. Ils sont déjà très développés dans un embryon de trente-cinq jours (fig. 61). Wolff (1) prit ces organes pour les reins eux-mêmes. Après lui, on supposa qu'ils étaient des appareils vasculaires ; plusieurs anatomistes les regardèrent comme une sorte de terrain commun pour la formation des glandes génitales et urinaires, et crurent que de leur division résultaient le rein d'une part, le testicule ou l'ovaire de l'autre. Rathke (2) prétendit qu'ils disparaissent totalement chez les femelles, mais qu'ils persistent en partie chez les mâles pour former l'épididyme ; et J. Müller (3) pensa que leurs conduits excréteurs se transforment immédiatement en canal déférent et en trompe. Coste (4) redressa cette erreur en démontrant que ces derniers canaux se forment bien le long du côté externe des corps de Wolff, mais sur une ligne distincte du conduit excréteur de ces organes; plus tard, Bischoff (5) adopta à peu près la même opinion. Il est prouvé aujourd'hui que ce sont des organes sécréteurs particuliers, des glandes de dépuration, dont la présence est sans doute nécessaire chez le fœtus.

Fig. 64. — *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

Les corps de Wolff consistent d'abord en deux masses amorphes étendues du sommet de la poitrine au cloaque, avec lequel ils entrent en rapport. On peut y distinguer trois parties essentielles : une interne, allongée, fusiforme (fig. 64, *o*) ; une externe, sorte de filament ou de canal étendu dans toute la longueur de l'organe (fig. 64, *s*, *t*), et une moyenne (fig. 64, *c*, *v*), qui est le corps de Wolff proprement dit. La partie interne deviendra le *testicule* chez le mâle, l'*ovaire* chez la

(1) *Theoria generationis*. Halle, 1774, p. 132.
(2) *Entwickelungsgeschichte der Natter*, p. 210.
(3) *Entwickelungsgeschichte der Genitalien*, etc., p. 34 et 38.
(4) *Ann. franç. et étrang. d'anat. et de phys., etc.*, p. 34 et 38.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 369.

(*) Corps de Wolff, d'après Coste. — *cv*, corps de Wolff ; — *s*, canal excréteur du corps de Wolff ; — *o*, ovaire ou testicule futur ; — *l*, oviducte ou spermiducte futur ; — *m*, matrice future. La figure placée à côté montre la structure glandulaire de ces organes.

femelle, et sera par conséquent bien différente, un peu plus tard, de ce qu'elle est en ce moment. Le filament blanc externe est complexe ; il est composé de deux canaux placés à côté l'un de l'autre : le plus externe de ces canaux (fig. 64, *t*) deviendra l'*épididyme* et le *canal déférent* chez le mâle, l'*oviducte* chez la femelle ; l'interne, au contraire, appartient bien réellement au corps de Wolff dont il constitue le *canal excréteur* (fig. 64, *s*). Le parallélisme du spermiducte ou de l'oviducte avec le canal excréteur du corps de Wolff a été la cause de l'erreur de Meckel et des autres anatomistes qui ont fait provenir les conduits génitaux de la substance même de l'organe embryonnaire dont nous parlons.

Quant à l'appareil urinaire (*rein*, *capsule surrénale*, *uretère*), il se développe derrière le corps de Wolff (fig. 65, *c*, *r*, *u*), dont il est aussi parfaitement distinct.

Les corps de Wolff sont donc complétement indépendants de toutes les productions environnantes ; ils sont également étrangers, et aux organes urinaires, et aux organes génitaux internes. Examinons quelle est leur nature.

Dans le principe, on trouve, au bord externe de chaque corps de Wolff, un canal ou cylindre creux sur un seul côté duquel (le côté interne) est développée une série linéaire de cæcums simples, communiquant avec lui et versant dans son intérieur un liquide particulier (fig. 64). Par l'intermédiaire de ce canal, véritable conduit excréteur, le liquide produit par les cæcums est porté directement dans le cloaque (fig. 65), sur les parties latérales et postérieure de cette cavité, vis-à-vis de son point de communication avec l'allantoïde.

Plus tard, le corps de Wolff se complique. Les tubes creux et aveugles qui contribuent à le former s'accroissent d'une manière plus ou moins considérable, et l'espace dans lequel se fait leur développement ne grandissant pas proportionnellement à la quantité dont ils s'allongent, ils se replient sur eux-mêmes, se contournent et prennent l'aspect d'un épididyme (fig. 64). Ainsi la masse to-

corps de Wolff. De là le nom de *reins* que Wolff leur avait donné, et ceux de *faux reins*, *reins primordiaux*, *reins primitifs*, sous lesquels Jacobson (1) et Rathke les ont désignés avec juste raison.

Chez l'homme, les faux reins disparaissent rapidement : dès le second mois, il n'en reste que de faibles débris. Le premier phénomène de leur destruction consiste dans un raccourcissement par l'effet duquel ils sont ramenés dans l'abdomen. En même temps l'ovaire ou le testicule, l'oviducte ou le spermiducte prennent un plus grand développement : du reste, ces derniers organes ne peuvent pas encore se différencier; mâle et femelle ont alors un véritable pavillon et une véritable trompe (fig. 65, 66, 67, *t*). Le diaphragme, en se développant, relègue, dans le ventre et dans la poitrine, les organes qui doivent être propres à chacune de ces cavités : le corps de Wolff est ainsi ramené dans le bassin, et c'est dans sa partie inférieure, c'est-à-dire de bas en haut, que son décroissement s'opère. Le rein devient plus saillant au-dessus de lui, et montre, avec toute évidence, qu'il en est indépendant. L'épididyme commence à se former par un enroulement de l'extrémité du spermiducte, ce qui a pu contribuer encore à faire adopter l'opinion erronée qu'il provenait du corps de Wolff. Enfin ce dernier n'est plus contenu que dans l'épaisseur du ligament large (fig. 66), et finit par s'effacer entièrement, sans laisser aucune trace de son existence (fig. 67).

Fig. 66. — *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

La disparition complète des corps de Wolff a lieu à une époque variable, selon les espèces : ainsi, très apparents au trentième jour, ils ont complétement disparu au cinquantième, dans l'embryon humain. Chez le lapin, dont la vie fœtale n'est que de trente jours, on les voit jusqu'au vingt-quatrième. Chez les ovipares, ils existent encore, même après l'éclosion. Leur durée semble donc être proportionnée à l'infériorité des espèces animales. Il paraît même que, dans quelques-unes, ils laissent une trace de leur existence : tels sont, d'après Coste (2), le conduit borgne connu, dans les organes génitaux de la brebis, sous le nom de canal de Garthner, et les canalicules que Follin (3) a signalés dans le ligament large de la truie, de la vache, etc., au moment de la naissance.

Voyons maintenant comment se forme la vessie, et comment s'établissent les rapports de cet organe avec les uretères, les oviductes et la matrice.

Dans le cloaque, au point qui est en communication avec l'ouraque, on voit arriver de chaque côté deux canaux descendants : en arrière, au niveau de la naissance de l'ouraque sur le rectum, le conduit excréteur du rein ou *uretère* (fig. 65, 66, *u*); en avant, et séparés l'un de l'autre par un petit espace, le canal excréteur du corps de Wolff et celui de l'appareil génital qui lui est contigu (fig. 65, 66, *s*, *t*).

(1) *Die Oken' schen Körper oder die Primordialnieren*, etc. Copenhague, 1830.

(*) Développement des organes génito-urinaires, sur un embryon humain plus âgé, d'après Coste. — *cv*, corps de Wolff; — *o*, ovaire ou testicule; — *c*, capsule surrénale; — *r*, rein; — *u*, uretère; — *t*, spermiducte ou oviducte, canal déférent ou trompe; — *v*, vessie urinaire; — *gi*, gros intestin, rectum.

(2) *Ann. franç. et étrang. d'anat. et de physiol.*, t. III, p. 326.

(3) *Recherches sur les corps de Wolff* (thèse inaug.). Paris, 1850.

A cette époque, les formes génitales sont identiques dans les deux sexes : l'appareil externe offre la disposition d'une gouttière ou d'un demi-canal; l'appareil interne ressemble plus à celui qui sera permanent chez la femelle qu'à celui qui lui succédera chez le mâle, car le canal ou la trompe se terminent alors l'un et l'autre par un pavillon évasé.

A une autre époque, les points d'insertion de l'uretère, du spermiducte, ou de l'oviducte, s'écartent davantage (fig. 66) : l'uretère s'abouche un peu plus haut, se déjette légèrement au-dessus du niveau qu'il occupait sur la région qui deviendra celle de la vessie; le canal déférent se porte un peu plus en avant. Alors l'éperon situé entre l'ouraque et le rectum (fig. 66, *v*) descend vers l'anus et divise le cloaque en deux cavités : l'une appartenant exclusivement au rectum, l'autre à l'appareil génito-urinaire.

Fig. 67. — *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

Dans cette dernière cavité viennent déboucher, de chaque côté, trois canaux: le pédicule de l'allantoïde, l'uretère et l'oviducte ou le spermiducte. Au-devant d'elle se trouve le vestibule commun qui les met en relation avec l'extérieur, et qui représente la *portion membraneuse et bulbeuse de l'urèthre.* Enfin, entre les points d'abouchement des deux canaux uretère et spermiducte, se fait une légère constriction qui correspond au *col de la vessie:* dès lors l'uretère débouche en arrière ou en haut, dans la vessie, et le spermiducte en avant ou en bas dans l'uretère.

La *vessie* se forme par une simple dilatation du pédicule de l'allantoïde. Aussi

l'un à l'autre, et finit par s'aboucher avec les canaux séminifères qui se sont développés de leur côté. Au bout d'un certain temps, le spermiducte, s'allongeant considérablement, décrit près du testicule, des circonvolutions qui constituent l'*épididyme*. Le reste du spermiducte ou *canal déférent* est l'analogue de la matrice.

Il existe encore, dans les deux sexes, d'autres parties dont nous n'avons point parlé, le *ligament rond* et le *crémaster*. A une certaine hauteur de l'oviducte ou du spermiducte, s'insère un ligament (fig. 67, *lr*) qui se porte, par son autre extrémité, à l'arcade pubienne, au niveau de l'anneau inguinal. Du côté opposé de ces canaux excréteurs, s'insère un autre ligament qui fait suite au premier, et qui se porte de là au testicule ou à l'ovaire. Lorsque le testicule descend, ce mouvement s'opère surtout par l'influence contractile de ce double ligament, qui, chez le mâle, n'adhère pas, dans sa partie moyenne, au canal déférent, et qui forme alors le crémaster. Chez la femelle, la partie inférieure de ce ligament devient, en se développant, le ligament rond; le point d'intersection de cette corde fibreuse avec l'oviducte indique, chez l'embryon, la séparation de la trompe et de la corne utérine, c'est-à-dire la limite où celle-là se termine et où celle-ci commence.

Les notions qu'on possède sur le développement du *thymus*, du *corps thyroïde*, des *glandes salivaires* et *lacrymales*, sont encore si peu précises, que nous préférons les passer sous silence.

Développement de la muqueuse intestino-ombilicale et de ses annexes, du tube digestif, du foie, du pancréas, de la rate, du mésentère.

G. F. Wolff (1) reconnut, le premier, que l'intestin provient immédiatement des membranes de l'œuf, qui se continuent avec les parois du corps et du tube digestif de l'embryon. Pander (2) précisa mieux cette découverte, en distinguant des autres formations blastodermiques le feuillet interne, le seul dont l'intestin tire origine. De Baer (3) donna enfin, de la formation du canal alimentaire, chez le poulet, un exposé fidèle et complet qui n'a été modifié, dans ces derniers temps, que par Reichert (4).

Pendant que la ligne primitive paraît au centre de l'aire germinative et que les premiers rudiments de l'embryon commencent à se former, le feuillet muqueux est encore immédiatement appliqué au feuillet séreux, et le futur intestin n'est qu'un petit segment de la sphère blastodermique interne ou de la future vésicule ombilicale (pl. II, fig. 2, 3, et dans le texte fig. 48, C).

Lorsque l'extrémité céphalique se dessine et que le capuchon céphalique se forme, le feuillet muqueux pénètre à la base de cette cavité par un léger prolongement en cul-de-sac qui se réfléchit aussitôt supérieurement, pour se continuer avec la vésicule ombilicale (pl. II, fig. 3, 4). Ce cul-de-sac deviendra, d'après Reichert, l'estomac, et s'érodera à son extrémité antérieure pour s'aboucher avec l'œsophage formé dans l'épaisseur du capuchon céphalique : d'après les autres embryologistes, il s'enfoncerait de plus en plus dans ce dernier, et formerait lui-même l'œsophage,

(1) *De formatione intestinorum*, etc. *Observationes in ovis incubatis institutæ* (*Nov. Comment. Petropol.*, 1767, t. XII, p. 403; 1768, t. XIII, p. 478).
(2) *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei*. Wurtzbourg, 1817.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. et II. Voy. BURDACH, *Physiologie*, t. III.
(4) *Entwickelungsleben*, p. 195.

le pharynx, la cavité buccale, et enfin la bouche par l'érosion de son extrémité close. Wolff a désigné ce premier diverticulum de la vésicule blastodermique interne sous le nom de *fovea cardiaca*, et de Baer sous celui de *aditus anterior ad intestinum*.

Une excavation analogue, mais moins prononcée, se produit à l'extrémité caudale pour former le rectum, sur lequel naîtra bientôt l'allantoïde (pl. II, fig. 4). Wolff lui a donné le nom de *fovea inferior*, et de Baer celui de *aditus posterior ad intestinum*.

A la partie moyenne de l'embryon, qui commence seulement à se creuser en nacelle, le feuillet muqueux passe encore à plat sur la paroi antérieure du rachis et des parties voisines, se continuant directement, par ses bords, avec la vésicule ombilicale.

Dans toute la portion de leur étendue par laquelle le feuillet muqueux et le feuillet vasculaire, qui s'est formé au-dessous de lui, tapissent la face antérieure de l'embryon (formé actuellement par le feuillet séreux), ils se soulèvent dans le sens de la longueur, se séparent de celui-ci et s'avancent l'un vers l'autre de manière à former une *gouttière longitudinale* attachée au rachis, le long duquel ils sont demeurés adhérents. Le feuillet muqueux se soulevait même dans le point correspondant à la colonne vertébrale, et n'y restait attaché que par la partie qui lui est sous-jacente du feuillet vasculaire dont les deux côtés, se réunissant sur un plan médian, entre le rachis et la gouttière du feuillet muqueux, formeraient par leur soudure le futur mésentère. Nous avons vu que, d'après Reichert, au contraire, ce soulèvement de membrane muqueuse serait dû à une production particulière de la membrane intermédiaire, qui formerait par des lames intestinales les parois futures de l'intestin, et par sa lame pédiculaire le futur *mésentère* (fig. 48, D, et fig. 49).

Les bords de la gouttière intestinale s'inclinent ensuite l'un vers l'autre; ses extrémités supérieure et inférieure se portent également, chacune de son côté, à la rencontre de l'autre, et, s'unissant en avant dans la plus grande étendue, produisent le *tube intestinal*. Celui-ci conserve encore quelque temps, dans le milieu, la forme d'une gouttière dont les bords se confondent avec la vésicule ombilicale (pl. II, fig. 4, *p*). Mais la clôture de cette gouttière fait tous les jours de nouveaux progrès, de sorte que la partie moyenne du tube intestinal se complète tous les jours davantage, et finit par ne plus conserver avec la vésicule ombilicale qu'une très petite communication, à laquelle de Baer a donné le nom d'*ombilic intestinal* (pl. II, fig. 4, 5, 6, 7).

L'intestin se sépare ainsi de plus en plus de la vésicule ombilicale, dont il n'était dans le principe qu'un simple diverticulum. Bientôt même les communications qu'il conservait avec elle, par l'intermédiaire du conduit omphalo-mésentérique, s'effacent complétement, et ce conduit se réduit à l'état de pédicule. Les vaisseaux omphalo-mésentériques établissent seuls des relations entre la vésicule et l'intestin, ou plutôt l'appareil vasculaire de l'embryon, et ces relations elles-mêmes ne doivent pas être, surtout dans l'espèce humaine, de longue durée.

Le futur canal digestif représente donc d'abord un tube tout à fait droit, parallèle à l'axe de l'embryon, et fixé en arrière, au rachis, par le mésentère (pl. II, fig. 4, 5). A mesure que sa partie moyenne se distingue de la vésicule ombilicale et devient tubulaire, il s'allonge, s'éloigne de la colonne vertébrale, sans pourtant s'en détacher, et forme une première anse dirigée vers l'ombilic, sortant même, par cette ouverture, des parois de l'abdomen (pl. II, fig. 6, 7). Dès ce moment, on

peut distinguer à l'intestin trois parties : la partie stomacale (orale des autres embryologistes), la partie anale ou rectale, et la partie moyenne, de laquelle se formeront l'intestin grêle et le côlon.

L'*estomac* n'est d'abord qu'une simple dilatation du tube intestinal. On le reconnaît à une légère bosselure de ce dernier, en arrière et à gauche ; cette bosselure deviendra la grande courbure : comme le reste de l'intestin, il a une direction verticale (fig. 58, *e*). A mesure qu'il se développe, il acquiert peu à peu une situation horizontale, la portion cardiaque se portant à droite, et la portion pylorique, à la suite de laquelle se développe le *duodénum*, se portant à gauche.

L'*intestin moyen*, dont l'anse primitive passe à travers l'ombilic cutané, est de toutes les parties du tube digestif celle qui se développe le plus. Sa partie supérieure décrit, en s'allongeant, les circonvolutions de l'*intestin grêle* (*jéjunum* et *iléon*). Sa partie inférieure forme le *gros intestin* (*côlon*). Lorsque la première commence à s'enrouler et à former des circonvolutions, elles exécutent l'une sur l'autre un mouvement de demi-torsion qui porte le gros intestin en haut et en avant, et l'intestin grêle en bas et en arrière; en même temps, le gros intestin décrit un arc qui donne naissance aux diverses régions du côlon (ascendant, transverse, descendant). Le côlon ascendant se produit le dernier, de haut en bas. Du quatrième au cinquième mois, ces diverses parties du tube digestif ont acquis la position qu'elles doivent conserver désormais.

Le *cæcum* et son appendice vermiforme se produisent à la jonction de l'intestin grêle et du gros intestin. Mais ils ne sont pas, comme le croyait Oken (1), un débris du canal de la vésicule ombilicale, puisque celui-ci aboutit au point le plus élevé de l'anse primitive. Le point d'attache du pédicule omphalo-mésentérique est sur l'intestin grêle, à une distance plus ou moins éloignée du cæcum, distance qui augmente par le progrès du développement.

L'*intestin anal* ou *rectum* est, de toutes les portions de l'intestin, celle qui éprouve le moins de changements. Il s'allonge peu, reste toujours rectiligne, ou à peu près, et se termine d'abord, comme la portion supérieure, par un cul-de-sac. Ce dernier s'érode peu à peu de dedans en dehors, tandis que l'anus se forme par un mécanisme semblable de dehors en dedans.

Nous avons exposé tout à l'heure le mode d'origine du *mésentère*. Son développement est plus difficile à comprendre, du moins pour ce qui touche au mésocôlon, au mésogastre et aux épiploons. Pour ce qui est du mésentère proprement dit, il est évident qu'à mesure que l'intestin grêle s'accroît et commence à former des circonvolutions, son attache au rachis croît aussi et s'étend de plus en plus, de manière à se prêter à son développement. La formation du mésocôlon, du mésogastre, du trou de Winslow et des épiploons, dont nous devons à J. Müller (2) une bonne description accompagnée des planches nécessaires à son intelligence, est la suite de changements remarquables, surtout dans la position relative à la direction des viscères.

Le *péritoine* se forme par le développement, à la surface de tous les organes abdominaux, d'une couche fibreuse revêtue elle-même d'un épiderme propre.

Le *foie* se développerait, d'après Rolando (3), d'un petit diverticulum ou exser-

(1) *Loc. cit.*
(2) MECKEL'S *Archiv*, 1830, p. 395.
(3) *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, t. XVI, p. 48.

tion creuse du tube digestif. De Baer (1), Rathke (2), J. Müller (3), Valentin (4) ont adopté cette opinion. Reichert (5) prétend au contraire que les rudiments du foie ne sont jamais creux dans le principe, qu'ils naissent aux dépens d'un blastème dont la déposition sur ce point de l'intestin forme un petit bourgeon, et que plus tard seulement un appendice cæcal, partant de la membrane muqueuse du tube digestif, pénètre dans ce blastème, et y devient l'origine des canaux excréteurs.

Bischoff (6) a vu le foie se produire, chez les mammifères comme chez les oiseaux, sous la forme de deux bourgeons des parois intestinales, qui deviennent les rudiments de ses deux principaux lobes. Nous avons vu la même disposition primitive de cet organe sur un embryon humain appartenant à la collection de Coste (fig. 58, *f*), et nous avons représenté ici (fig. 68), d'après J. Müller, les apparences que présente le foie aux premières périodes de son développement.

Dès que l'organe, destiné à sécréter plus tard la bile, s'est montré sur la paroi de l'intestin, il grandit avec une rapidité extraordinaire; de sorte qu'on le trouve déjà d'un volume considérable chez des embryons fort jeunes. Il devient ainsi de bonne heure l'organe le plus volumineux du corps entier, et occupe dans la cavité abdominale bien plus de place que tous les autres viscères réunis. C'est sans doute à son union précoce avec le système sanguin qu'il est redevable de cet accroissement rapide. On verra bientôt qu'il reçoit en effet de nombreux rameaux des veines omphalo-mésentériques et ombilicales.

Fig. 68. — *Développement du foie* (*).

Le développement du foie est d'autant plus intéressant à étudier, qu'il est destiné à nous donner la clef, non-seulement du développement des autres organes sécréteurs, mais encore

petit tubercule saillant au dehors, dans l'intérieur duquel pénètre la membrane intestinale interne. La portion de la membrane externe qui concourt à la formation de ce tubercule est ce qu'on appelle le blastème de la glande future, et celle de la membrane interne est la saillie de l'intestin qui représente le rudiment du canal excréteur. Des bords du blastème en contact avec ce rudiment cæcal du canal excréteur et aux dépens des cellules qui composent ce blastème, poussent des bourgeons latéraux qui, après avoir acquis un certain volume, en produisent de nouveaux, de manière à former un petit tronc terminé par de légers renflements. Les bourgeons représentent les vésicules glandulaires; et le tronc, avec ses ramifications, représente le canal excréteur. La cavité du tronc, des ramifications et des vésicules glandulaires se produit par la dissolution des cellules internes et par la fusion des cellules périphériques formant une enveloppe homogène propre, qui s'entoure elle-même d'une couche plus ou moins épaisse de tissu fibreux.

Le *pancréas* se développe sur le côté gauche de l'intestin, dans le point qui deviendra le duodénum, un peu plus tôt que les glandes salivaires ne se forment autour de la cavité buccale. Bischoff (1) a vu son blastème et celui de la rate confondus ensemble dans les embryons de vache. Il ne croit pas néanmoins que ces deux organes aient une origine commune. La *rate* naîtrait plutôt de la grande courbure de l'estomac. Du reste, ces deux organes ne tardent pas à se séparer ou à s'isoler de leur blastème commun, et à se distinguer facilement l'un de l'autre, la rate acquérant bientôt la couleur rouge qui lui est propre et recevant de nombreux vaisseaux. Fréd. Arnold (2) et J. F. Meckel (3) ont vu la rate se développer, chez l'homme, dans le courant du deuxième mois.

Développement du système vasculaire. — Formes diverses de la circulation. — Nutrition de l'embryon.

L'apparition du mouvement circulatoire chez l'embryon, et les diverses formes qu'affecte ce mouvement, tiennent à la formation successive de divers appareils de circulation dépendant les uns et les autres d'un seul système organique. Chaque forme de l'appareil vasculaire et de la circulation est appropriée au mode de vivre de l'embryon pendant chacune des périodes de son développement. C'est seulement après avoir passé par ces diverses phases que l'appareil circulatoire acquiert la disposition ultime et stable qui persistera pendant toute la vie du nouvel être.

Il est intéressant de rechercher, avant tout, la cause de ces variations dans les manifestations d'une même fonction. Or, il est facile de le reconnaître, les changements des modes et appareils circulatoires dépendent exclusivement des changements qui s'introduisent dans les modes et les organes de la nutrition et de la respiration fœtales.

Ainsi le développement du blastoderme et l'existence de la vésicule ombilicale déterminent la première forme de circulation; l'apparition de l'allantoïde, la formation du placenta et l'importance extrême que prend cet organe dans la vie du fœtus, amènent bientôt la seconde; enfin, le développement des poumons, de l'intestin et des organes de relation entraîne l'établissement de la troisième.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 329.
(2) *Salz. med. Zeitung*, 1831, t. IV, p. 301.
(3) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 481.

Ces trois formes de la circulation sont caractérisées, non-seulement par la création d'appareils vasculaires nouveaux et l'atrophie des appareils vasculaires précédents, mais encore par les modifications plus ou moins profondes que plusieurs des organes, appartenant au même appareil, éprouvent dans leur forme ou dans leur structure. Ces modifications portent principalement sur les organes centraux, le cœur surtout, qui doivent peu à peu s'accommoder aux changements des autres portions du système vasculaire, se prêter aux diverses formes de la circulation, et suffire à toutes ses phases.

Il est impossible de séparer ces phénomènes qui sont non-seulement concomitants, mais souvent dépendants les uns des autres. A chacune des périodes qui viennent d'être indiquées correspondent les phases successives du développement du cœur, des artères et des veines. Ce sera faciliter à la fois l'intelligence de chaque mode de circulation et celle de chaque changement survenu dans la forme des vaisseaux et du cœur, que de présenter simultanément l'un et l'autre. Nous décrirons donc en même temps les changements organiques et les modifications fonctionnelles au fur et à mesure que nous exposerons la première circulation (*circulation blastodermique* ou *ombilicale*), la seconde circulation (*circulation allantoïdienne* ou *placentaire*), la troisième circulation (*circulation pulmonaire* ou *circulation de l'adulte*).

Première circulation.

La première trace du sang et des vaisseaux commence à paraître, quelques heures après l'apparition de la ligne primitive, lorsque les lames dorsales se sont réunies pour former une enveloppe à l'axe cérébro-spinal, que la partie antérieure du germe s'est soulevée et recourbée sur elle-même, enfin que les lames viscérales se sont rapprochées et unies dans ce point sur la ligne médiane, de manière à former ce qui constitue alors la seule cavité du corps, c'est-à-dire le capuchon céphalique de l'embryon.

Cette manifestation de l'impulsion vitale du germe fut un des premiers phéno-

loppement centrifuge partant du cœur et s'étendant aux vaisseaux, opinion émise par les anciens, renouvelée jusqu'à un certain point de nos jours par Reichert (1), qui attribue la formation des artères et des veines au passage des globules du sang poussés par le cœur, et se creusant des canaux dans la membrane intermédiaire. Elle n'est pas non plus le résultat d'un développement centripète commençant à la périphérie du blastoderme ou du moins de son champ vasculaire, et s'étendant de là jusqu'au cœur, comme Serres (2) l'a soutenu. Le sang se forme, les vaisseaux s'organisent en même temps sur tous les points de l'appareil circulatoire : à la périphérie de l'aire vasculaire, où se développe le sinus terminal ; au centre, où se produit le cœur ; dans l'intervalle, où se forment les vaisseaux capillaires, les troncs artériels et les troncs veineux. L'observation démontre qu'il en est ainsi, et elle suffit pour renverser toutes les théories inverses. Cela posé, étudions la manière dont s'accomplissent les phénomènes originels de la première circulation.

Dans l'intérieur du bonnet ou capuchon céphalique, entre la partie convexe de ce bonnet formée par le feuillet séreux de Pander et la portion du feuillet muqueux qui le clôt inférieurement, en un mot au niveau de la *fovea cardiaca*, on voit paraître, dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire de Reichert, un cylindre oblong, d'abord tout à fait droit, qui se distingue par une accumulation plus condensée des matériaux plastiques, c'est-à-dire des cellules qui constituent alors le fonds commun de toutes les formations embryonnaires : ce cylindre oblong est le *cœur*. Il subit, en un court espace de temps, un si grand nombre de métamorphoses, pour passer de cet état simplement tubuleux à celui de cœur composé de quatre cavités, que l'on a été longtemps avant de savoir le mécanisme de toutes ces transformations. Prévost et Lebert (3) en ont donné dernièrement une description qui complète sur quelques points nos connaissances antérieures.

Le cœur consiste d'abord en un canal simple, terminé à chacune de ces extrémités par deux branches. Les branches antérieures ou supérieures se perdent, en divergeant, dans les parois latérales de la portion céphalique de l'embryon : ce sont les deux premiers *arcs aortiques*. Les branches postérieures ou inférieures se continuent peu à peu, de chaque côté, avec le plan de la membrane blastodermique qui vient précisément, en cet endroit, se joindre au corps de l'embryon, entre la corde dorsale et la paroi future de l'intestin : ce sont les *veines omphalo-mésentériques*.

Suivant Reichert (4), qui a donné une bonne figure de la première forme du cœur, cet organe n'est pas creux d'abord, et les troncs vasculaires qui en partent ou y aboutissent ne le sont pas davantage : ils se composent de cellules lâchement unies les unes aux autres, ne laissant entre elles ni vide ni cavité. Peu à peu la surface extérieure devient plus ferme, les cellules se rapprochent et forment des parois ; en même temps, à l'intérieur, se développe une cavité dans laquelle s'amassent un liquide et des vésicules libres, premier vestige du *sang*.

Bientôt le canal cardiaque prend à peu près la forme d'un S (pl. I, fig. 12, *c*), et commence à se contracter et à se dilater avec un rhythme extrêmement lent. Par ces mouvements alternatifs, il chasse vers les crosses aortiques les cellules flot-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 135.
(2) *Anat. transcend.*, p. 212.
(3) *Sur la formation des organes de la circulation dans les batraciens. — Chez le poulet.* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1844, *Zoologie*, t. I et II.)
(4) *Ouvr. cit.*, p. 139, t. III, fig. 8.

tantes au milieu d'un liquide transparent, et il en fait affluer de nouvelles des veines omphalo-mésentériques.

En même temps, les premiers vaisseaux apparaissent hors de l'embryon : ils se développent entre les deux feuillets du blastoderme, ou bien, d'après Reichert, dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire. Un liquide, d'abord incolore, semble s'interposer, par un effet d'endosmose, entre ces deux feuillets, les décoller ici et là, s'accumuler dans certains points, et former, d'une manière primitivement très irrégulière, des lacs, des lacunes, des traînées plus ou moins étendues. Ces petits lacs, ces lacunes, ces traînées se prolongent en golfes, en anses, en branches plus petites qui se rencontrent bientôt, et permettent le mélange des petites masses liquides d'abord séparées. Une circulation s'établit des unes aux autres, et plus tard entre toutes.

Des cellules s'organisent dans les intervalles où ne s'est pas accumulé le liquide incolore qui va prendre le nom de sang ; d'autres se forment autour des canaux ou des petits lacs qui renferment ce liquide. Ainsi se constituent, et les parois vasculaires, et cette sorte de membrane interposée au feuillet séreux et au feuillet muqueux, servant de soutien aux vaisseaux, qui a été considérée comme un troisième feuillet et a reçu le nom de *feuillet vasculaire*.

L'existence du *feuillet vasculaire* a été diversement envisagée par les embryologistes.

Pander (1), qui en parla le premier, le regardait comme une membrane délicate ne se formant que pour remplir les intervalles existant entre les premiers courants sanguins. C. E. de Baer (2) fit remarquer, en le décrivant après Pander, qu'il ne constitue au fond que le feuillet plastique compris entre les feuillets séreux et muqueux, et qu'il n'est pas de beaucoup aussi indépendant que ceux-ci. Après lui, plusieurs observateurs, notamment Valentin (3), admirent la présence d'un feuillet vasculaire préexistant aux vaisseaux, et servant de fonds à leur formation. Prévost et Lebert (4) ont soutenu la même opinion, et ont donné au feuillet vasculaire le nom de *feuillet angioplastique*. Ce dernier serait, suivant eux, toujours antérieur au développement des vaisseaux ; ceux-ci s'y développeraient par le décollement, en certains points, des deux couches secondaires qui le constituent ; l'adhérence de ces deux couches membraneuses, dans les points intermédiaires, limiterait le calibre et l'étendue des vaisseaux.

Bischoff (5) dit bien qu'il a préparé le feuillet vasculaire et démontré distinctement son existence, mais sur des embryons dont les vaisseaux étaient déjà développés. Reichert (6), faisant provenir ceux-ci de sa membrane intermédiaire, comme tous les autres organes, à l'exception de l'axe nerveux et de la muqueuse intestinale, ne peut pas admettre l'existence d'un feuillet vasculaire distinct. Enfin, d'après Courty (7), il n'existe primitivement, entre les deux feuillets du blastoderme, qu'un plasma organisable, une matière plus ou moins fluide contenant des vésicules en voie de formation. C'est l'apparition des vaisseaux qui détermine l'organisation des feuillets vasculaires, et non l'existence de ce feuillet qui détermine

(1) *Mém. cit.*, *Journ. des progrès*, t. V, p. 30.
(2) BURDACH, *Physiologie*, t. III, p. 206, 212.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., p. 288.
(4) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1844, *Zoologie*, t. I, p. 302.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 244.
(6) *Ouvr. cit.*, p. 137.
(7) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1848, *Zoologie*, t. IX, p. 5.

la formation des vaisseaux. Les vaisseaux préexistent à la membrane dans laquelle ils se trouvent, et l'organisation de celle-ci est consécutive à leur apparition. Il ne faudrait donc pas considérer le feuillet vasculaire comme ayant une existence propre et antérieure à la formation des vaisseaux.

Le champ blastodermique dans lequel se passe l'organisation des premiers vaisseaux est limité par une ligne courbe, circulaire, circonscrivant une aire au centre de laquelle se trouve l'aire transparente, et en dehors de laquelle s'étend, à une distance ordinairement très peu considérable, le reste de l'aire embryonnaire ou blastodermique. Cet espace, d'un aspect bien caractérisé par les surfaces transparentes et obscures dont il est alternativement marqué, a reçu le nom d'*aire vasculaire* (*area vasculosa*).

Les parties obscures de l'aire vasculaire sont dues à l'accumulation, sur certains points, des globules ou cellules qui semblaient d'abord répandus uniformément dans toute la partie obscure de l'aire germinative. A mesure que les vaisseaux se forment et deviennent de plus en plus distincts, cette accumulation de globules se régularise. On voit ces derniers se presser, en quelque sorte, en tas plus ou moins élevés le long des lacunes vasculaires et de leurs divisions. L'accumulation est surtout considérable et uniforme sur une vaste lacune qui parcourt toute la limite de l'aire vasculaire, et forme à celle-ci une circonférence complète, interrompue seulement au-dessus de l'extrémité céphalique de l'embryon. Cette lacune porte le nom de *sinus terminal*, *veine terminale*.

En même temps que les premiers vaisseaux s'organisent dans l'aire vasculaire et dans l'aire transparente, ils semblent tendre, chez le poulet, vers quatre points principaux, dont deux sont situés aux extrémités de l'embryon, et les deux autres sur ses côtés. A ces derniers viennent aboutir deux artères (artères omphalo-mésentériques), branches des deux aortes, qui, réfléchies du sommet du cœur sur les parties latérales et antérieure de la corde dorsale, descendent tout le long de la paroi postérieure du ventre. Les deux premiers servent d'origine à deux veines, l'une supérieure, l'autre inférieure, venant du sinus terminal, recevant dans leur trajet les autres veines de l'aire vasculaire, et convergeant dans le sinus ou la base du cœur. Ainsi s'établit, chez le poulet, la première circulation, ou du moins le *mode primitif de la première circulation.*

Plus tard, en effet, pendant que les vaisseaux, devenus plus volumineux, commencent à proéminer à la surface interne du blastoderme, les deux veines blastodermiques supérieure et inférieure commencent à s'atrophier. Pour les remplacer, deux nouvelles veines blastodermiques, ou omphalo-mésentériques, se sont formées sur le trajet des artères du même nom. Le sang, poussé par le cœur dans les artères omphalo-mésentériques, et de là dans toute l'aire vasculaire jusqu'au sinus terminal, revient alors par les nouvelles veines omphalo-mésentériques, qui, arrivant de droite et de gauche, côte à côte avec les artères, le déversent dans le sinus de l'organe vasculaire central. Tel est le *mode secondaire de la première circulation.*

L'établissement de la première circulation est un peu différent chez les mammifères.

La différence réside surtout dans la topographie des veines omphalo-mésentériques. Celles-ci, en effet, consistent d'abord en *quatre branches* principales, deux supérieures plus grosses, deux inférieures moins volumineuses, partant du sinus terminal, recevant dans leur trajet les autres sources sanguines du blastoderme,

et aboutissant à *deux troncs courts* (pl. I, fig. 12, *om*, *om*) qui s'abouchent eux-mêmes à l'extrémité inférieure du canal cardiaque, c'est-à-dire dans le sinus du cœur (pl. I, fig. 12, *s*). Plus tard, les deux troncs courts se développent au point qu'on ne compte plus que deux veines vitellines ou omphalo-mésentériques.

D'un autre côté, les deux branches supérieures du cœur se sont transformée plus distinctement en deux arcs vasculaires. Ces deux arcs aortiques se recourbent, à la base future du crâne, dans le fond de l'embryon, et arrivent jusqu'à la future colonne vertébrale, c'est-à-dire jusqu'aux lames dorsales actuelles. Dans ce point, les deux aortes restent peu de temps doubles : elles se réunissent bientôt en un tronc, lequel est d'ailleurs très court et ne tarde pas à se diviser, ou du moins à laisser voir au-dessous de lui la terminaison des deux aortes non réunies. Ces deux branches, qui sont les aortes ventrales ou inférieures (auxquelles on a encore donné le nom de *vertébrales inférieures*), descendent, en parcourant toute la longueur de l'embryon, devant le futur rachis, jusqu'à son extrémité caudale. Pendant ce trajet, elles fournissent de chaque côté plusieurs rameaux (pl. I, fig. 12, *b*,*b*,*b*,*b*) qui sortent de l'embryon, passent dans le plan de la vésicule blastodermique, et s'y divisent en s'anastomosant avec les ramifications du réseau veineux, et notamment de la veine terminale.

Parmi ces branches latérales des deux artères vertébrales inférieures, il en est une, de chaque côté, qui se développe plus que les autres, et qui ne tarde même pas à devenir plus volumineuse que les troncs aortiques dont elle était d'abord un rameau : ce sont les *artères omphalo-mésentériques*, qui conduisent le sang de l'embryon dans le blastoderme.

Telles sont les connexions vasculaires entre l'embryon et le blastoderme ou vésicule ombilicale. Pendant qu'elles s'établissent, le cœur s'est courbé davantage en S, et presque en fer à cheval. En même temps les cellules contenues dans les canaux vasculaires, que rien ne distinguait d'abord des autres cellules primitives du tissu de l'embryon, se rapprochent peu à peu, par leurs caractères, des globules du sang de l'adulte.

qu'aux dépens des liquides dont l'œuf est entouré dans la matrice. Ces liquides, ces sucs nutritifs, absorbés directement par les feuillets externe et interne du blastoderme, pénètrent, par endosmose, dans les cellules dont sont formées ces membranes, dans la vésicule ombilicale elle-même, s'y modifient probablement en passant par divers états globulaires et vésiculaires, et s'ajoutent définitivement au fonds commun duquel se créent les cellules du tissu propre de l'embryon. La vésicule ombilicale grandit même considérablement à l'aide de cette absorption, et ses vaisseaux y puisent les sucs qui y ont pénétré, pour les porter de là dans l'embryon. Quoiqu'ils s'atrophient de bonne heure, ces vaisseaux persistent encore, pendant que les autres parties de l'appareil vasculaire s'organisent, et que les autres formes de circulation se développent. Une des artères vitellines, une des veines de même nom finit par disparaître ; mais il reste encore deux de ces vaisseaux, bien que le placenta soit développé, et l'on peut les retrouver sur la vésicule ombilicale. Il faut remarquer seulement que le développement du reste du système vasculaire a considérablement modifié les relations d'origine et de terminaison des vaisseaux vitellins. L'artère est devenue une branche de l'artère mésentérique, la veine une branche de la veine mésentérique, et par suite une dépendance de la veine porte, qui a commencé à se développer (*). Mais, répétons-le, le rôle de ces vaisseaux est, dans tous les cas, très minime, celui de la vésicule ombilicale étant lui-même fort restreint.

Il n'en est pas ainsi chez les oiseaux et les reptiles écailleux. Ici la vésicule ombilicale et les vaisseaux omphalo-mésentériques constituent un appareil nutritif, vaste, puissant, qui devra servir au jeune animal pendant toute la durée de la vie embryonnaire, et même après l'éclosion. Les veines s'érigent en système absorbant ; le jaune se modifie pour passer dans leur cavité et fournir au développement de l'embryon. Le mode particulier par lequel s'exécutent, dans ce cas, l'absorption et l'assimilation, mérite d'être étudié : bien qu'il ne se produise pas chez l'homme, ou qu'il ne s'y produise que d'une manière tout à fait rudimentaire, il importe de l'observer, afin de mieux comprendre les modifications qu'éprouvent, en général, les parties alimentaires pour entrer en communication avec l'embryon qui se développe, et participer à la formation de ses organes.

Aussitôt que la vésicule ombilicale s'est constituée chez le poulet, en se séparant de la cavité intestinale naissante, les vaisseaux veineux répandus à sa surface, et provenant de l'extension de l'aire vasculaire, prennent un développement considérable. Ce développement donne lieu à la formation de nombreux appendices hérissés d'une multitude de veinules et de papilles veineuses absorbantes tout à fait comparables aux villosités qui tapissent la surface interne de l'intestin. Dès lors l'organe de nutrition fœtal est constitué : à l'absorption vague, qui s'opérait par la surface interne du blastoderme, succède l'absorption qu'opèrent localement sur le jaune les appendices vitellins.

Haller (1) avait décrit l'aspect de ces appendices valvuleux et deviné leurs fonctions. Courty (2) a étudié leur mode de formation et leur mécanisme fonctionnel ; il leur a donné le nom d'*appendices vitellins*. Ces appendices, groupés à la

(*) Voy. pl. III, fig. 1 : *r*, artère vitelline ou omphalo-mésentérique ;— *q*, veine de même nom ; — *i*, vestige du sinus terminal ou veine terminale, sur la vésicule ombilicale.

(1) *Sur la formation du cœur chez le poulet, sur l'œil, sur la structure du jaune, etc.* Lausanne, 1758, t. II, p. 157.

(2) *Mém. sur la structure et les fonctions des appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1848, *Zoologie*, t. IX, p. 5).

surface interne de la vésicule ombilicale, constituent un appareil veineux très développé qui plonge dans la liqueur du jaune. Les veines de cet appareil se forment par la naissance de bourgeons (fig. 69, 2, 3) sur les veines mêmes du blastoderme. Ces bourgeons naissent et se développent par la transformation de globules agminés en cellules transparentes, qui constituent leurs parois. De la jonction de ces bourgeons ou papilles veineuses les uns avec les autres, résultent des arcades anastomotiques, et de nouvelles veines donnant naissance à de nouveaux bourgeons, jusqu'à ce que les villosités et appendices vitellins aient acquis leurs plus grandes dimensions (fig. 69, 4, 1).

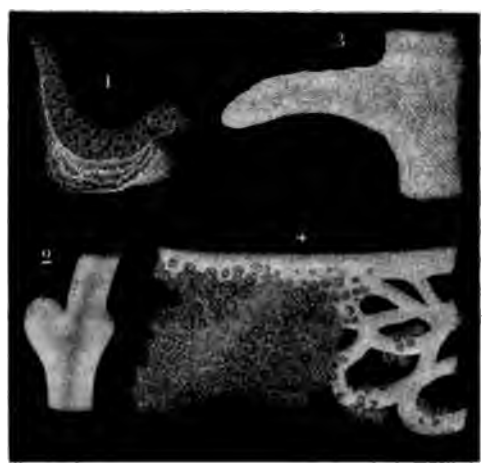


Fig. 69. — *Appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet* (*).

Par ces bourgeons et par ces veines, offrant une surface extrêmement étendue, se fait, du huitième au vingt et unième jour, une absorption très active. Cette absorption s'exerce sur le jaune, mais pas d'une manière directe. Voici les transformations que subit ce jaune, pour être assimilé : ses éléments donnent lieu à une multiplication de globules et de granules, semblables par leur structure, sinon par leurs dimensions, à ceux de la cicatricule, et à ceux que possède le blastoderme à toutes les périodes de son développement. Ces globules et ces granules se groupent en petites masses. De la coagulation membraneuse qui se fait autour d'eux, résultent des globules agminés dont une couche épaisse enveloppe les branches des appendices veineux (fig. 69, 4). Le contenu de ces globules, ou plutôt de ces vésicules, se dissout et passe, par endosmose, de leur cavité dans celle des cellules adjacentes, et de là dans les papilles veineuses, et dans les veines dont ces cellules forment les parois. Enfin, leurs enveloppes constituent autant de vésicules et de cellules nouvelles, susceptibles de participer à l'accroissement des vaisseaux qu'elles entourent. Lorsque la matière du jaune est épuisée, la résorption porte sur les globules agminés (fig. 69, 4), sur les vésicules et sur les vaisseaux eux-mêmes, jusqu'à ce que la totalité de la vésicule ombilicale soit atrophiée (fig. 69, 1).

La matière vitelline ne sert jamais directement à la nutrition du fœtus : elle n'est pas absorbée en nature par les veines valvuleuses; elle passe encore moins, d'une manière immédiate, dans la cavité du tube intestinal. Chez le poulet, comme chez l'homme, le conduit omphalo-mésentérique, ou vitello-intestinal, est oblitéré de très bonne heure. La vésicule ombilicale représente ici, de tous points, un organe

(*) Structure et développement des appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet, d'après A. Coudry. — 1. Lambeau de vésicule ombilicale d'un poulet, presque mort d'inanition, trois jours après la naissance, montrant, sur une tranche, le développement des appendices vitellins. — 2, 3. Divers états de bourgeonnement des veines de la vésicule ombilicale. — 4. Appendice vitellin, à l'époque où la résorption commence à le dépouiller de ses globules agminés. Une partie de l'appendice a été artificiellement dépouillée de globules d'une manière complète, pour montrer ses arcades anastomotiques.

nutritif, et l'on peut presque dire un organe digestif fœtal, comparable, bien plus qu'il ne le paraît au premier abord, à l'organe digestif adulte. On peut d'autant moins supposer la pénétration directe du jaune dans la cavité intestinale, que celle-ci serait impropre à son absorption : l'intestin n'est pas encore un organe constitué, il est seulement en voie de formation, et ne devient apte à fonctionner qu'à l'époque de la naissance.

Mais, tandis que, chez le poulet, la vésicule ombilicale sert à la nutrition durant toute l'incubation, chez l'homme au contraire, où son rôle est purement accessoire, de nouveaux organes d'absorption apparaissent de très bonne heure : ce sont le chorion et le placenta. Avec eux, se développent de nouveaux appareils vasculaires et une nouvelle forme de circulation. Nous allons étudier maintenant les modifications qu'ont éprouvées les parties du système vasculaire que nous connaissons déjà; décrire les parties qui viennent s'y ajouter, et présenter un tableau de la nouvelle manière dont s'accomplit la fonction qui nous occupe.

Seconde circulation.

L'apparition et le développement de l'allantoïde, la formation du placenta, en déplaçant l'activité fonctionnelle de l'appareil circulatoire et en la transportant des vaisseaux omphalo-mésentériques aux vaisseaux ombilicaux, déterminent le caractère de la seconde circulation.

Tandis qu'une artère et une veine omphalo-mésentériques s'atrophient et disparaissent, tandis que l'artère et la veine restantes s'atrophient et disparaissent à leur tour, on voit naître, des deux aortes inférieures, deux artères volumineuses, dont le point d'émergence deviendra plus tard l'origine des artères hypogastriques. Ces deux artères se ramifient sur l'allantoïde, se développent en même temps qu'elle, et dans les mêmes proportions : ce sont les *artères ombilicales*. Deux veines se forment en même temps pour rapporter le sang de ces vaisseaux dans le tronc de la veine omphalo-mésentérique, et de là au cœur : ce sont les *veines ombilicales*. Les communications entre ces dernières et la veine omphalo-mésentérique se font, à ce qu'il paraît, par l'intermédiaire de quelques veines des parois abdominales inférieures. Quoi qu'il en soit de ce mode de communication, et de l'antagonisme que nous verrons s'établir peu à peu entre les divers troncs veineux aboutissant au cœur, la veine ombilicale gauche ne tarde pas à s'oblitérer. Il ne reste bientôt plus que la veine ombilicale droite, qui, avec les deux artères du même nom, servira désormais à l'importante circulation du placenta, et fournira à l'embryon tous les éléments nutritifs nécessaires à son développement (*).

A la même époque, de nombreux et profonds changements s'opèrent dans les autres parties de l'appareil circulatoire.

Le *cœur*, primitivement tubuleux, qui commençait à se courber en S, subit une courbure bien plus prononcée. En même temps il éprouve une torsion sur son axe, de manière que la courbure inférieure se place en arrière et à droite, la courbure supérieure en avant et à gauche. Il se dilate aussi sur trois parties, entre lesquelles existent deux rétrécissements. Ces dilatations se transforment peu à peu : la première, en *sac veineux* ou *oreillettes* (**); la seconde, en *ventricules ;* la troisième,

(*) Voy. pl. III, fig. 2 : *n*, *n'*, artères ombilicales ; — *s*, *s'*, veines ombilicales ; — *v*, tronc commun des veines ombilicales ; — *j*, veine cave, à son entrée dans le foie.

(**) Voy. pl. III, fig. 2, *b*, *b'*, oreillettes.

en un renflement duquel l'aorte tire son origine, et qu'on désigne, en anatomie comparée et en embryologie, sous le nom de *bulbe de l'aorte*. Le rétrécissement qui existe entre la première et la seconde dilatation a été appelé *canal auriculaire;* celui qu'on trouve entre la seconde et la troisième est connu sous le nom de *détroit de Haller* (*fretum Halleri*).

Le cœur éprouve ensuite, dans ces diverses parties, des changements qui doivent persister pendant toute la vie. Mais, comme la connaissance de quelques-unes de ces métamorphoses est utile à l'intelligence du cours du sang chez le fœtus, nous les signalerons avant d'arriver à la troisième circulation.

Sur le premier renflement, situé à droite et en arrière, on voit d'abord paraître, des deux côtés opposés, deux saillies en forme de poche, que Rathke (1) et Valentin (2) ont appelées *auricules* ou *appendices auriculaires*. Ce renflement se dilate beaucoup, et se distingue ainsi des veines affluentes; mais il demeure encore longtemps une cavité simple, un sac veineux. C'est seulement lorsque déjà le ventricule est divisé en deux par une cloison, qu'on y voit croître, de haut en bas et d'avant en arrière, une membrane qui le divise en *deux oreillettes*. Cette cloison offre une échancrure semi-lunaire du côté de la cavité du sac veineux, ce qui tient à ce qu'elle s'allonge plus par le haut et par le bas que par le milieu : le tronc veineux s'abouche dans le sac vis-à-vis d'elle, au côté postérieur. Alors aussi on aperçoit un sillon à l'extérieur.

Deux autres phénomènes tendent à agrandir les oreillettes et à compléter leur séparation : ils consistent dans la séparation des veines caves et la formation de la valvule du trou ovale.

Les deux veines caves, supérieure et inférieure, dont nous décrirons prochainement l'origine, aboutissent, comme toutes les veines du corps, à un tronc commun s'ouvrant dans le sac veineux. A mesure que celui-ci se dilate, le tronc commun des veines caves supérieure et inférieure se trouve attiré de plus en plus dans les parois du sac. Il finit bientôt par disparaître en totalité, de sorte qu'il arrive un moment où chacune des veines s'ouvre à part dans le sac veineux, l'inférieure en bas et arrière, la supérieure en haut et en avant.

ment. La séparation devient ainsi de plus en plus complète, non-seulement entre les deux oreillettes, mais encore entre les orifices des deux veines caves. L'une et l'autre, il est vrai, s'ouvrent également dans la portion droite de l'oreillette, ou oreillette droite; mais l'inférieure s'ouvre en bas et en arrière, et le sang qu'elle déverse se dirige vers l'oreillette gauche, tandis que la supérieure s'ouvre en haut et en avant et dirige son contenu dans l'oreillette droite.

La *séparation des ventricules* est bien plus précoce. De très bonne heure, la seconde dilatation du cœur se développe plus que les autres, ses parois s'épaississent, un assez fort sillon se manifeste à sa surface. A cette scission extérieure correspond le développement d'une cloison à l'intérieur. Cette cloison naît au sommet du ventricule et se dirige en haut vers sa base : c'est une saillie qui s'élève de la portion concave, et dont le bord semi-lunaire se dirige tant vers le bulbe aortique que vers le canal auriculaire. Lorsqu'elle a atteint la base du ventricule, l'orifice auriculo-ventriculaire se trouve divisé en deux, ainsi que le détroit de Haller. Il y a dès lors deux orifices auriculo-ventriculaires, un droit et un gauche : le droit fait communiquer l'oreillette droite avec le ventricule droit; le gauche, l'oreillette gauche avec le ventricule gauche : on ne sait pas encore comment se développent les valvules auriculo-ventriculaires. Il y a aussi deux orifices aortiques : l'un dans le ventricule droit, l'autre dans le ventricule gauche.

Pendant la séparation des ventricules, les portions de tissu qui séparent cette seconde dilatation du cœur, du sac veineux et du bulbe, se sont resserrées : le canal auriculaire et le détroit de Haller sont ainsi attirés; les divers segments du cœur se rapprochent et s'accolent plus intimement. La totalité de l'organe subit aussi un nouveau mouvement de torsion : les oreillettes se portent un peu en arrière et à gauche, et les ventricules en avant et à droite.

Quant au *bulbe aortique*, s'il persiste toute la vie chez les poissons et les reptiles, il disparaît de bonne heure chez l'embryon des oiseaux, des mammifères et de l'homme. Il s'allonge en crosse de l'aorte, se tord en spirale, et se divise dans son milieu en deux canaux, tordus sur eux-mêmes, communiquant l'un avec le ventricule droit, l'autre avec le ventricule gauche. On ne connaît pas la formation des valvules sigmoïdes.

Le cœur est d'autant plus gros, proportionnellement à l'embryon, que celui-ci est plus jeune. Aussi occupe-t-il, à une époque primitive, presque la moitié de la cavité viscérale, s'étendant jusque immédiatement au devant de la vésicule cérébrale antérieure. A mesure que la tête et le cou se développent, et que l'intestin se forme, il se trouve occuper dans la poitrine la place qu'il est destiné à conserver. On ignore à peu près le développement du péricarde.

Nous avons vu, à l'origine du développement, partir du bulbe de l'aorte deux arcs vasculaires qui se portent en arrière, descendent le long de la paroi dorsale de l'embryon et forment les deux aortes. Un peu plus tard, ces deux troncs aortiques se réunissent dans une courte étendue, soit par atrophie, soit par fusion de leurs parois qui se sont d'abord accolées. Cette réunion existe contre la paroi dorsale de l'embryon, un peu au-dessous du niveau du cœur. Au-dessous d'elles, les aortes restent doubles, et de Baer, les considérant alors comme des divisions du tronc commun, leur a donné le nom de *vertébrales inférieures* ou *postérieures*, par opposition aux vertébrales supérieures qui émergent en haut des arcs aortiques. Nous savons que de ces vertébrales inférieures naissent d'abord les artères

vitellines, puis les artères ombilicales, sans préjudice des autres branches artérielles qui se forment à mesure que se développent les divers organes embryonnaires auxquels elles sont destinées.

Mais les deux *arcs aortiques*, qui naissaient supérieurement du bulbe de l'aorte et formaient les racines de l'aorte ventrale, ne restent pas longtemps simples. A mesure que le cœur se retire, et que les arcs branchiaux ou viscéraux se forment des deux côtés du cou, on voit se développer successivement plusieurs arcs vasculaires situés l'un derrière l'autre ou l'un au-dessous de l'autre. Ces nouveaux arcs prennent tous leur origine au bulbe aortique, contournent de chaque côté la cavité pharyngienne et se déversent dans les deux arcs aortiques primitifs, auxquels ils se réunissent ainsi à droite et à gauche.

Le nombre de ces arcs a été controversé comme celui des arcs viscéraux auxquels ils correspondent. Suivant Reichert (1), il n'y en aurait jamais eu plus de trois. Rathke (2) en a vu quatre. De Baer (3) en a vu quatre aussi chez l'embryon du chien; ce dernier observateur admet même qu'il s'en produit toujours cinq de chaque côté, tant chez les mammifères que chez les oiseaux. Si l'on n'en voit pas habituellement plus de trois, cela tient à ce qu'ils se développent d'une manière successive : les plus antérieurs, qui sont les plus anciens (fig. 70, 5, 4), s'effacent, tandis que les autres se forment derrière eux (fig. 70, 3, 2, 1). Quand la quatrième paire d'arcs paraît, la première persiste encore; mais, à mesure que celle-là devient plus forte, celle-ci disparaît. Lorsque enfin la cinquième paire se montre en arrière, la deuxième paire antérieure s'efface. Ainsi il n'y en a jamais plus de quatre à la fois; et, lorsque le développement de cette portion du système vasculaire est achevé, la plus ancienne des quatre paires s'effaçant, il n'en reste plus que trois (pl. III, *e*, *e'*, *e''*, *i*, *i'*, *i''*). Ces trois derniers arcs aortiques persistent un certain temps; puis les uns s'accroissent, les autres s'atrophient, et l'ensemble se métamorphose de manière à donner naissance aux vaisseaux permanents qui sortent, chez l'adulte, de la portion ventriculaire du cœur.

Fig. 70. — *Transformation des arcs aortiques* (*).

De Baer (4) a parfaitement décrit la manière dont les vaisseaux permanents proviennent, chez les mammifères, de cet appareil transitoire. Des trois arcs aortiques qui restent en dernier lieu (fig. 70, 3, 2, 1), les deux antérieurs, de droite et de gauche (3), se convertissent en carotides (*c*) et en sous-clavières (*s*). Le second de gauche (2) devient l'aorte permanente (*a*); le second de droite s'oblitère. Enfin, le troisième de chaque côté (1, 1) devient l'artère pulmonaire (*p*, *p*).

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1837, p. 131. — *Entwickelungsleben*, p. 184.
(2) *Entwickelungsgeschichte der Natter*. p. 51.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 214.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 4, fig. 14.

(*) Transformation du système des arcs aortiques en troncs artériels permanents, chez les mammifères, d'après de BAER. — B. Bulbe de l'aorte. — 1, 2, 3, 4, 5, de chaque côté, les cinq paires d'arcs aortiques; — 5, les plus anciens; — 1, les plus nouveaux ou derniers formés; — *c*, *c*, les deux carotides, encore unies, se séparent plus tard; — *s*, *s*, les deux sous-clavières, la droite partant du tronc innominé; — *aa*, l'aorte; — *p*, *p*, les artères pulmonaires; *ca*, canal artériel gauche, ou canal artériel de Botal; — *cd*, canal artériel droit.

Pendant ce temps, le bulbe de l'aorte s'est divisé en deux vaisseaux : l'un postérieur, venant du ventricule gauche et auquel appartiennent les deux carotides, les deux sous-clavières et la crosse de l'aorte ; l'autre antérieur, venant du ventricule droit, auquel appartient la troisième paire des arcs aortiques, c'est-à-dire les artères pulmonaires.

Cette troisième paire (1, 1) des arcs aortiques forme, à une certaine époque, les racines droite et gauche de l'aorte; les troncs des artères pulmonaires s'en détachent sous la forme de faibles ramuscules. La crosse de l'aorte (deuxième arc aortique gauche) est proportionnellement fort grêle. Mais à mesure que les poumons grandissent et que les artères pulmonaires se développent, la racine droite de l'aorte (*cd*) s'atrophie et finit par disparaître ; le deuxième arc aortique gauche se dilate, se transforme en véritable crosse de l'aorte et fournit à lui seul presque tout le sang reçu par l'aorte descendante ; en même temps la racine gauche de ce vaisseau s'atrophie dans la partie située entre l'artère pulmonaire gauche et la crosse, et, de branche principale qu'elle était, elle devient une simple anastomose entre la crosse et l'artère pulmonaire. Cette anastomose persiste jusqu'à la naissance sous le nom de *canal artériel de Botal*, ou canal artériel gauche (*c a*). L'anastomose formée par l'ancienne racine droite de l'aorte, et faisant communiquer l'artère pulmonaire droite avec l'aorte descendante, s'atrophie encore plus tôt; elle est désignée, tant qu'elle existe, sous le nom de *canal artériel droit* (*cd*).

Ainsi se forment les artères carotides et sous-clavières, la crosse de l'aorte, l'aorte descendante, les artères pulmonaires et le canal artériel de Botal, qui reste ouvert durant toute la vie fœtale. Toutes les autres anastomoses entre les arcs aortiques de chaque côté, qui faisaient communiquer les troncs artériels supérieurs (pl. III, *f*, *f*) avec les troncs artériels inférieurs (pl. III, *p*, *p'*), sont alors oblitérées. Il est inutile de dire que chez les mammifères, et surtout chez l'homme, ces métamorphoses s'accomplissent de très bonne heure et avec une extrême rapidité.

Les troncs artériels supérieurs, troncs des artères vertébrales et maxillaires supérieures (pl. III, *f*, *f''*), existent déjà à l'époque où trois arcs aortiques partent du bulbe. Dans la partie inférieure du corps, les aortes ventrales continuent à se réunir de manière à former un seul tronc ; de ce tronc part l'artère vitelline. Mais, quand l'intestin se forme, son artère (*artère mésentérique*), qui n'était d'abord qu'une petite branche de l'artère vitelline, acquiert plus de volume et devient le véritable tronc dont l'artère vitelline n'est plus qu'un faible rameau. De même, à mesure que le terme de la gestation approche, les artères ombilicales deviennent plus petites que les artères iliaques : celles-ci constituent les terminaisons de l'aorte, et celles-là ne sont plus, par rapport à elles, que des branches d'une importance relative très minime.

Des modifications non moins remarquables se passent dans le *système veineux*. D'abord des veines se sont développées dans le corps de l'embryon parallèlement à ses artères. Lorsque les artères vertébrales supérieures sont arrivées à l'extrémité céphalique et les vertébrales inférieures à l'extrémité caudale, elles se continuent directement, dans chacun de ces points, avec des veines qui leur sont parallèles et qui marchent en sens inverse vers le cœur : ce sont les *veines cardinales* (pl. III, *g g'*, *k k'*) de Rathke (1). Ces veines débouchent dans la portion auriculaire du

(1) MECKEL'S *Archiv*, 1830, p. 63, 434. — *Mémoire sur la structure et le développement du système veineux des animaux vertébrés*, 1838. — *Entwickelungsgeschichte der Natter*, 1839.

cœur par l'intermédiaire des *canaux de Cuvier* (pl. III, *h*, *h'*). Avant d'indiquer comment ce premier appareil veineux sera modifié, voyons les changements que subissent les veines qui mettent l'embryon en communication avec la vésicule ombilicale et avec l'allantoïde (*).

La veine *omphalo-mésentérique* aboutit d'abord à l'oreillette, dans l'angle que laissent entre eux les deux canaux de Cuvier. De très bonne heure elle est embrassée, à peu de distance derrière le cœur, par le foie ; elle entre en connexion avec cet organe et s'y ramifie avant d'arriver au cœur, ce qui constitue une première forme de la disposition de la veine porte ; les ramifications veineuses qui, recueillant ensuite le sang dans le foie, le déversent dans le sac veineux, sont l'origine des veines hépatiques.

La *veine ombilicale*, rapportant le sang de l'allantoïde ou du placenta dans l'oreillette du cœur, arrive d'abord avec la précédente directement dans cet organe. Plus tard, elle se comporte aussi avec le foie de la même manière que la veine vitelline avec laquelle elle s'anastomose : il y a même un moment où le foie reçoit plus de sang de la veine ombilicale que de la veine omphalo-mésentérique.

Mais, pendant ce temps, la *veine mésentérique* s'est développée : d'abord elle n'est qu'un rameau de la veine vitelline ; elle devient, à une autre époque, un tronc dont la veine vitelline n'est qu'un rameau ; et, comme les relations que celle-ci affectait avec le foie n'ont pas changé, la veine mésentérique, à son arrivée dans ce viscère, conserve avec lui les mêmes rapports. La disposition organique est restée la même, le nom seul est changé : quand la veine mésentérique n'était pas développée, nous disions que la veine omphalo-mésentérique se ramifiait dans le foie ; maintenant que la veine omphalo-mésentérique s'est atrophiée et va disparaître, cédant sa portion hépatique à la veine mésentérique dont le développement est devenu énorme, c'est à cette dernière que nous devons naturellement rapporter les divisions vasculaires que le foie recevait déjà. D'ailleurs cette portion vasculaire, qui a appartenu d'abord à la veine omphalo-mésentérique, qui a été ensuite commune à cette veine et à la veine mésentérique, et qui appartient enfin à la veine mésentérique toute seule, va prendre un nom nouveau, celui de *veine porte*.

Plus tard, quand la veine cave inférieure se sera développée, la veine ombilicale, qui se divisait d'abord dans le foie, s'anastomosera avec elle. Cette anastomose, appelée *canal veineux d'Aranzi*, se dilate de plus en plus, et, par suite, le sang de la veine ombilicale s'écoule plus dans la veine cave que dans le foie. Par contre, cet organe reçoit une plus grande quantité de sang de la veine mésentérique, et bientôt cette dernière est seule à se ramifier dans son intérieur et à constituer ce système veineux remarquable qui sera connu sous le nom définitif de veine porte. Après la naissance, les veines ombilicales et le canal veineux s'atrophient, s'oblitèrent ; leurs vestiges constituent le ligament rond du foie.

Enfin, la *veine cave inférieure* a dû prendre naissance, puisqu'elle devient elle-même le tronc commun par lequel arrivent au cœur les veines ombilicale et omphalo-mésentérique, ou plutôt hépatiques, qui y aboutissaient d'abord directement. Voici comment s'opère son développement : des quatre veines cardinales, les deux supérieures deviendront, d'après Rathke, les *veines jugulaires externes* (les *jugulaires internes* naissent plus tard des jugulaires externes, près des canaux de Cuvier) ;

(*) Pour suivre cette description, voyez planche III.

ıstitueront, d'après Stark (1), Coste, Courty (2), la veine
emi-azygos à gauche. A ces veines seules est d'abord dévolu
ıng de toutes les extrémités inférieures de l'embryon. Mais
eau ne tarde pas à se former entre les deux ; il prend nais-
iaques, reçoit les veines rénales et spermatiques, et aboutit au
commun aux veines ombilicale et hépatiques : c'est la veine cave

ine cave supérieure, elle est d'abord en quelque sorte double, et
les deux canaux de Cuvier. A une époque plus avancée, une ana-
rsale, unissant la jugulaire et la sous-clavière gauches à la jugulaire
vière droites, le canal gauche de Cuvier s'atrophie de plus en plus
isparaître, tandis que le même canal du côté droit représente la veine

document sur l ment des veines pulmonaires.

ıesquels nous venons d'entrer sur les changements qu'éprouve
de l'embryon rendront facile l'intelligence du mécanisme de
ıon.

onc commun des veines mésentériques et vitelline, apporte au
tin et de la vésicule ombilicale. La veine ombilicale y apporte
ırue du sang de l'allantoïde, et plus tard du placenta. Au-dessus
la veine cave inférieure reçoit des veines hépatiques le sang
ıe organe. Ce sang, se mêlant à celui que la veine ombilicale a
verse dans la même veine cave par le canal veineux et à celui qui vient encore par
ce vaisseau des extrémités inférieures, des reins et des parties génitales, afflue dans
l'oreillette du cœur. Celui des parties supérieures et du reste du corps de l'embryon y arrive d'abord par les veines cardinales et les canaux de Cuvier, plus tard par la veine cave supérieure.

Le cours du sang à travers le cœur varie alors suivant le degré de développement de cet organe. Lorsque le cœur est simplement tubuleux, le liquide nourricier est chassé directement, par les contractions des parois cardiaques, dans les arcs aortiques ; mais, quand l'organe central de la circulation est subdivisé en plusieurs cavités, ce fluide suit une marche plus complexe.

Le sang de la veine cave inférieure passe, à cause de la direction de cette veine et de la présence de la valvule d'Eustache, presque tout en entier dans l'oreillette gauche ; celui de la veine cave supérieure coule au contraire en grande partie dans l'oreillette droite ; ce qui n'empêche pas néanmoins les deux sangs de se mêler toujours en petite quantité. Les deux oreillettes se contractent et chassent le sang dans les deux ventricules.

Ceux-ci étant séparés, quand le ventricule droit se contracte, le sang des parties supérieures du corps, qui s'y trouve contenu, ne passe qu'en très petite quantité dans les poumons rudimentaires ; le reste de ce liquide arrive dans l'aorte descendante, et, par elle, dans les organes du bas-ventre, dans les artères ombilicales et au placenta. Quand le ventricule gauche se contracte, le sang des parties inférieures, du foie et de la veine ombilicale, qui y a été amené par la veine cave

(1) *Commentatio anatomico-physiologica de venæ azygos natura, vi, atque munere*. Leipsick. 1835, p. 3.
(2) *Mémoire sur les substitutions organiques*. Paris, 1847, p. 21.

inférieure, passe presque en entier dans les carotides et les sous-clavières, c'est-à-dire dans la tête et les membres supérieurs. Ces contractions du cœur, chez l'embryon et le fœtus, sont d'ailleurs bien plus rapides que ne le sont les battements du cœur de l'adulte. Elles sont, en général, perceptibles à l'auscultation sur le ventre de la mère, au commencement de la seconde moitié de la grossesse. Nægele (1) a trouvé que leur nombre est, terme moyen, de 135 par minute.

Ainsi, quoique le sang puisse se mêler, dans les oreillettes par le trou ovale, et dans l'aorte par le second arc gauche (fig. 70, *a*) qui commence à se dilater pour former la crosse, il résulte néanmoins de ce qui précède que la tête et les parties supérieures du corps reçoivent surtout le sang des veines ombilicale et hépatiques par l'intermédiaire de la veine cave inférieure, de l'oreillette gauche, du ventricule gauche et de la portion gauche du bulbe qui se divise en carotides et sous-clavières. Au contraire, les parties inférieures de l'embryon reçoivent le sang veineux du corps, lequel est porté dans l'aorte descendante par l'oreillette droite, le ventricule droit, la portion droite du bulbe, le canal artériel droit (fig. 70, *cd*), qui ne tarde pas à s'oblitérer, et le canal artériel gauche (*ca*), qui persiste jusque après la naissance.

Cette différence dans la distribution du sang est d'autant plus grande que l'embryon est plus jeune. En effet, à mesure que la cloison inter-auriculaire fait des progrès, que la crosse de l'aorte se développe, que les artères et veines pulmonaires grandissent, et que le canal artériel gauche diminue (le droit étant oblitéré depuis longtemps), il passe, dans l'aorte descendante et les parties inférieures de l'embryon, une plus grande quantité du sang des veines ombilicale et hépatiques.

Le placenta, avons-nous dit, est l'organe dont le développement détermine, chez l'homme, la seconde forme de la circulation embryonnaire. Par son intermédiaire, l'œuf absorbe, dans le sein maternel, les liquides nécessaires à la formation et à l'accroissement du fœtus. C'est donc le lieu de déterminer ici le mécanisme par lequel se fait cette absorption, d'examiner si le placenta ne joue pas d'autre rôle dans la vie fœtale, de rechercher enfin comment se fait la *nutrition de l'embryon humain*, dont tous les organes nous sont maintenant connus.

Nous avons vu que, dans les premières périodes du développement de l'œuf, immédiatement après son arrivée dans la matrice, la nutrition et l'accroissement du germe se font d'abord d'une manière très simple. Les liquides pénètrent directement, par absorption, à travers les membranes tendres et perméables de l'œuf, à travers les feuillets du blastoderme, et l'accroissement, bien que considérable en un petit nombre d'heures, se fait sans le secours d'aucun système vasculaire. Plus tard, quand l'appareil vasculaire de la vésicule ombilicale s'est développé, les veines de cet organe absorbent, non le vitellus, puisqu'il n'en existe pas, à proprement parler, chez les mammifères, mais les sucs qui ont pénétré de la cavité caducale dans cette vésicule, comme dans toutes les autres parties de l'œuf.

Dès que la vésicule ombilicale s'atrophie, et alors même qu'elle fonctionne avec toute son activité, un organe très énergique de nutrition, ou plutôt d'absorption, se développe autour de l'œuf : c'est l'appareil des villosités dont se hérisse toute la surface du chorion. Ces villosités sont d'abord sans vaisseaux. Elles constituent seulement un développement immense de la surface externe du blastoderme ; par

(1) *Die geburtshülfliche Auscultation*. Mayence, 1838, p. 31.

ce mécanisme très simple, la nature accroît considérablement, dans un espace limité, l'étendue de l'aire absorbante. Les liquides introduits de cette manière dans la cavité de l'œuf sont assimilés directement ou après avoir passé par la vésicule ombilicale.

L'absorption devient à la fois plus énergique et bien plus directement utile au développement de l'embryon, lorsque des anses artérioso-veineuses, communiquant avec les gros troncs vasculaires, se sont formées dans toutes ces villosités. Alors, en effet, les sucs nutritifs pénètrent directement dans les ramifications des vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux, et de là dans la veine ombilicale, qui les verse dans le cœur ; d'où ils sont portés dans toutes les parties du jeune embryon pour servir immédiatement à la formation des tissus. Nous verrons, en traitant du développement de ces derniers, comment s'opère cette formation, ainsi que celle du sang et de ses globules.

Enfin, les villosités vasculaires s'étant atrophiées sur toute la surface de l'œuf, à l'exception d'une certaine étendue dans laquelle elles ont pris un accroissement énorme pour former le placenta, ce dernier organe devient le seul moyen d'absorption de l'œuf. Nous avons dit comment il se forme, et quels rapports s'établissent entre ces vaisseaux et les sinus développés dans la caduque ; il nous reste à étudier comment il accomplit ses fonctions.

Il n'est plus besoin aujourd'hui de chercher des preuves expérimentales pour démontrer que le placenta fœtal absorbe. Les expériences de Mayer (1), qui retrouva, dans le placenta, dans les vaisseaux ombilicaux et plusieurs organes de l'embryon, le cyanure potassique injecté dans la trachée-artère de lapines pleines, et les recherches de Magendie, qui constata, dans le sang du fœtus, l'odeur du camphre injecté dans les veines de la mère, ne nous offrent plus, sous ce rapport, aucun intérêt. Mais il est important de savoir comment s'opère l'absorption par le placenta, quelles substances sont absorbées par cet organe, et ce qu'il faut penser des fonctions respiratoires que plusieurs embryologistes lui ont attribuées.

Eschricht (2), tout en pensant que le placenta proprement dit est un organe respiratoire, suppose qu'il renferme en outre des branches spéciales des vaisseaux ombilicaux qui servent à l'absorption. Mais, d'après lui, cette absorption, au lieu de s'exercer sur le sang, se ferait aux dépens d'un suc nutritif particulier, sécrété par les glandes utriculaires de la matrice. Or, nous l'avons vu, il n'est pas permis de supposer que, dans l'espèce humaine, ces glandes affectent avec les villosités placentaires les mêmes rapports que E. H. Weber (3) a signalés chez plusieurs animaux ; en outre, on voit ces villosités plonger directement dans de vastes lacs sanguins formés par la dilatation des vaisseaux de la caduque. Prévost et Morin (4) ont émis une opinion qui n'est pas sans analogie avec celle d'Eschricht, et à laquelle on peut faire la même réponse. Nous devons donc admettre que les villosités du placenta puisent, dans le sang maternel, la partie de ce liquide susceptible d'être absorbée et assimilée. Mais faut-il leur faire jouer aussi un autre rôle, et les regarder comme des organes respiratoires ? L'observation et les déductions logiques que l'on doit tirer des faits sont en opposition avec cette hypothèse.

(1) MECKEL'S *Archiv*, t. III, p. 503.
(2) *De organis quæ respirationi et nutritioni fœtus mammalium inserviunt*. Copenhague, 1837, p. 33.
(3) *Arch. génér. d'anat. et de physiol.*, 1846, p. 386.
(4) *Mém. de la Soc. phys. de Genève*, t. IX.

Sans doute, il est incontestable que les œufs des ovipares respirent. Chez l'oiseau, tandis que la vésicule ombilicale fournit à l'absorption des éléments nutritifs, l'allantoïde est le siége d'une véritable respiration : cette membrane se met surtout en rapport avec la chambre à air, et des vaisseaux qui la parcourent, les artères renferment un sang noir, et les veines un sang rouge; si l'on recouvre de cire ou de vernis une partie de la surface de l'œuf, surtout le gros bout, l'embryon ne tarde pas à périr.

Mais, chez les mammifères, les conditions d'existence de l'œuf et ses relations sont entièrement différentes. L'embryon se trouve suspendu dans un liquide, et l'atmosphère n'a point d'accès direct avec ses enveloppes. Ne pouvant admettre, chez lui, une respiration aérienne, on a été réduit à lui supposer une respiration aquatique ou branchiale. Restait à déterminer dans quel organe elle s'opérait. Les uns l'ont attribuée à l'action des poumons sur l'eau de l'amnios avalée ; mais, outre que la pénétration des eaux de l'amnios dans le fœtus est tout à fait fortuite, les poumons se trouvent à un état trop rudimentaire pour qu'on puisse les supposer le siége de cette fonction. D'autres ont rapporté cette dernière aux villosités du chorion, plongeant dans le prétendu liquide *hydropérione ;* mais nous avons déjà dit ce qu'il faut penser de cette opinion, et d'ailleurs l'action du chorion se concentrerait bientôt, en même temps que les villosités de cette enveloppe, dans le gâteau placentaire. On a encore supposé que la respiration s'accomplissait à la surface des membranes fœtales, par la peau de l'embryon; hypothèses qui ne méritent pas un plus long examen, ces organes n'ayant aucun caractère des organes respiratoires, et les liquides sur lesquels ils sont censés agir n'ayant aucune propriété des liquides respirables. Quant aux prétendus arcs branchiaux et vaisseaux branchiaux, ils n'ont rien de commun avec la fonction dont il s'agit : les arcs branchiaux ou mieux viscéraux se transforment en régions de la tête et du cou; les arcs aortiques n'ont ni veines satellites, ni ramifications nécessaires à l'établissement d'un conflit quelconque entre le sang et le liquide amniotique.

Le placenta seul peut paraître réunir les conditions d'un organe respiratoire. J. Müller (1) avait admis, après plusieurs autres anatomistes, une différence de coloration entre le sang de la veine ombilicale et celui des artères du même nom; mais de nouvelles expériences ont changé son opinion sur ce sujet. Il en est de même de la composition chimique de ces deux liquides. Un argument plus sérieux pourrait se tirer de la promptitude de la mort du fœtus avec symptôme d'apoplexie, entraînée par la suspension de la circulation placentaire. Mais il convient de faire observer que tant que le fœtus n'est pas né et que la respiration pulmonaire, qui provoque dans les poumons une sorte de *diverticulum* de la circulation générale, n'est pas établie, la suspension de la circulation placentaire doit amener une pléthore bien suffisante pour interrompre les fonctions du cœur et celles du cerveau. D'ailleurs on sait que, chez le nouveau-né séparé de sa mère, la respiration, après avoir commencé de s'exercer, peut être suspendue assez longtemps sans entraîner la mort. Si l'on ajoute à cela que la faculté de développer de la chaleur, très faible chez les petits des oiseaux, paraît être nulle chez les fœtus des mammifères et de l'homme, qui se refroidissent très vite hors du sein maternel, bien qu'on ne coupe pas le cordon ; et si l'on se souvient que cette faculté est sous la dépendance immédiate de la respiration, on devra conclure que cette fonction n'existe pas dans l'embryon,

(1) *De respiratione fœtus.* — *Manuel de physiologie*, t. I, trad. franç. de Jourdan.

et que, par conséquent, on ne peut l'attribuer ni au placenta, ni à aucune autre portion de l'œuf.

Les physiologistes qui ont tant agité cette question auraient dû, avant de chercher dans le fœtus des organes respiratoires, constater l'existence d'une respiration et la nécessité de cette fonction. On ne peut douter qu'ils ne se soient laissé guider par de fausses analogies entre les organes des embryons d'oiseaux et les organes des embryons de mammifères. S'ils avaient réfléchi aux conditions d'existence de ces derniers, ils auraient reconnu que, chez eux, l'absorption de liquides puisés dans un sang qui a déjà respiré rend une nouvelle respiration inutile. Le fœtus des mammifères, au point de vue de la nutrition, n'a pour ainsi dire pas de vie individuelle. L'assimilation, la formation histologique et organique lui sont particulières ; mais la nutrition, la préparation des aliments, des liquides et des sucs nutritifs lui sont communes avec tous les tissus, tous les organes de la mère. Le fœtus, pour me servir de l'expression de Bischoff (1), se comporte, à cet égard, à peu près comme organe de la mère : les organes de la mère ne respirent point eux-mêmes, et néanmoins ils ont besoin d'un sang qui ait respiré ; de même l'embryon, sorte d'organe maternel, ne respire pas lui-même, mais il a besoin du sang artériel de sa mère, du sang qui a respiré.

Ce n'est pas à dire pour cela que les phénomènes nutritifs du fœtus se réduisent absolument à une assimilation des liquides absorbés dans le sang maternel, et entraînés dans toutes les parties de son corps à l'aide de l'appareil vasculaire. Toute nutrition amène avec elle un mouvement de décomposition, et plusieurs organes du fœtus semblent se rattacher à des fonctions spéciales de *sécrétion* ou de *dépuration*. De ce nombre sont surtout le foie et les corps de Wolff.

Reichert (2) a avancé que le foie du fœtus est l'organe de la formation des globules sanguins ; mais rien ne justifie cette opinion. D'un autre côté, l'apparition précoce du foie, son volume considérable chez l'embryon, autorisent à attribuer à cet organe une fonction d'une certaine importance dans la vie fœtale. On ne peut douter qu'il n'opère une sécrétion, et l'on sait, par les analyses chimiques de Gmelin (3), John (4), S. Simon (5), Lassaigne (6), que le produit de cette sécrétion est presque entièrement assimilable à la *bile*. Le liquide sécrété commence à s'accumuler dans l'intestin à partir du troisième mois, et finit par remplir tout le tube digestif jusqu'au rectum : il est connu sous le nom de *méconium*. Tiedemann (7) n'en a point trouvé chez les monstres qui manquent de foie ou dont l'intestin est clos au-dessous de l'insertion du canal cholédoque ; mais il en a rencontré, comme à l'ordinaire, chez ceux dont la bouche seulement ou le pylore étaient oblitérés ; ce qui prouve, pour le dire tout d'abord, que cette sécrétion, chez le fœtus, ne se lie à aucun acte digestif, ni à aucune action qu'on pourrait lui supposer sur les liquides avalés par la bouche. On a donc considéré ici, avec toute apparence de raison, la bile comme un excrément, et le foie comme un émonctoire chargé de débarrasser l'économie des matières carbonées et hydrogénées. Les fonctions du foie, chez le fœtus, seraient donc supplétives de celles des poumons de l'adulte et

(1) *Développ. de l'homme et des animaux*, p. 325.
(2) *Entwickelungsgeschichte im Wirbelthierreich*, p. 224.
(3) *Handbuch der Chemie*, t. II, p. 1442.
(4) *Chemische Tabellen des Thierreichs*, p. 21.
(5) *Archiv für Pharmacie*, avril 1840, p. 39.
(6) *Ann. de chimie*, t. XVII, p. 304.
(7) *Anatomie der kopflosen Missgeburten*, p. 54, 60.

complétives de celles des corps de Wolff de l'embryon, et des reins qui leur ont succédé, mais dont l'action est insuffisante.

Ces derniers organes remplissent, à n'en pas douter, un rôle analogue à celui du foie. Ils sécrètent un liquide comparable à l'*urine*, d'après les analyses de Jacobson (1), Lassaigne (2), et que l'on retrouve dans la cavité de l'allantoïde chez l'oiseau, en très grande quantité durant les premiers temps. Mais l'allantoïde n'est pas faite pour recevoir ce liquide ; elle n'en contient pas chez tous les animaux, et surtout elle n'en contient plus à une période encore peu avancée du développement. Quand l'ouraque est fermé, l'urine doit donc passer par l'urèthre et se déverser dans l'amnios, où elle se mêle avec le liquide propre de cette membrane. Ce qui le prouve, c'est que, dans des cas d'oblitération de l'urèthre chez le fœtus, la vessie, les uretères et l'ouraque ont été trouvés distendus.

Ce sont là probablement les seules sécrétions importantes qui s'opèrent pendant la vie intra-utérine. Nous ne parlons pas des fonctions du thymus et des capsules surrénales, qui nous sont inconnues, ni de l'enduit caséeux qui recouvre la peau, et qui, formé d'un assemblage d'épiderme et de matière fournie par les glandes sébacées, paraît servir seulement à faciliter le passage de l'enfant à travers les organes génitaux de la mère.

Quant à la digestion, elle n'existe pas chez le fœtus : le tube intestinal est en voie de formation, et ne réunit pas encore, pendant la vie embryonnaire, les conditions nécessaires à l'accomplissement de cette fonction. L'introduction des eaux de l'amnios, par la bouche, dans la trachée et dans l'estomac, où la présence de poils provenant du *lanugo* (*duvet fœtal*) a prouvé leur passage, est un fait purement accidentel.

Les phénomènes de nutrition qui s'opèrent chez le fœtus dépendent donc presque exclusivement de l'absorption et du transport des sucs absorbés, dans tout le corps, à l'aide de l'appareil vasculaire. Ils s'accomplissent surtout sous l'influence de la seconde circulation.

Troisième circulation.

Lorsque le fœtus est sorti de la matrice, qu'il ne communique plus avec le placenta par le cordon ombilical, et qu'il a commencé à respirer, le passage du sang à travers les poumons entraîne un autre mode circulatoire, et quelques modifications par lesquelles l'appareil vasculaire se prête à cette troisième forme de circulation.

La veine ombilicale, n'apportant plus de sang, se convertit en *ligament rond du foie ;* et dès lors la veine cave inférieure n'amène dans l'oreillette droite que le sang veineux du corps et du foie. Par suite du changement de direction de cette veine et du développement de la cloison inter-auriculaire, le sang qu'elle apporte ne pénètre plus dans l'oreillette gauche, mais se mêle dans l'oreillette droite avec celui de la veine cave supérieure.

De l'oreillette droite le sang veineux passe dans le ventricule du même côté, et de celui-ci dans l'ancienne subdivision droite du bulbe aortique (artère pulmonaire), qui le conduit, par les artères pulmonaires, dans les poumons. Une petite portion

(1) MECKEL'S *Archiv*, t. VIII, p. 332. — *Die Oken'schen Körper oder die Primordialnieren*, 1830.

(2) *Ann. de chimie*, t. XVII, p. 395.

continue encore de couler, par le *canal artériel de Botal*, de l'artère pulmonaire dans l'aorte; mais cette anastomose ne tarde pas à s'oblitérer, ce qui fait que tout le sang chassé par le ventricule droit peut arriver aux poumons.

De ces organes, où il a subi l'influence de l'air atmosphérique, le sang revient par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, d'où il passe dans le ventricule gauche, qui le chasse lui-même par l'aorte (subdivision gauche du bulbe aortique primitif) dans toutes les parties du corps. Alors la circulation est devenue telle que nous l'avons décrite ailleurs chez l'adulte.

C. — Développement des tissus.

S'il est intéressant de connaître le développement des divers organes, et de déterminer, comme nous venons de le faire, le lieu et le moment de leur formation, il n'est pas moins curieux de rechercher comment s'opère ce développement, et par quelles mutations successives la matière organisable passe de l'état amorphe à celui de membrane, de vaisseau, de muscle, de nerf, etc.

En étudiant la structure intime des organes, on s'est depuis longtemps efforcé de trouver un lien commun à tous leurs éléments constitutifs; un tissu simple, générateur des tissus complexes; un élément, en quelque sorte typique, dont la multiplication et les arrangements divers pussent engendrer les diverses formes organiques. On a poursuivi, en un mot, la réalisation matérielle de cette idée : unité dans la multiplicité, simplicité dans la variété.

Chaque observateur a tour à tour proposé sa théorie, et regardé comme *élément* de toute structure organique celui que son imagination et l'habitude de ses travaux familiers avaient pu lui suggérer. C'est ainsi que le tube, la fibre, le globule, l'utricule, la cellule, ont passé successivement pour les parties élémentaires de tous les tissus.

Le tube, ou fibre creuse, fut regardé par Ruysch (1) comme l'élément essentiel des organes. D'après Ruysch, tous nos tissus sont composés de vaisseaux sanguins : on sait qu'une pareille illusion provenait de l'habileté avec laquelle cet anatomiste injectait les artères et les veines. Monro (2), Fontana (3), Mascagni (4), commirent une méprise analogue, en décrivant partout des tubes creux, des cylindres serpentants, des vaisseaux lymphatiques.

Haller (5), en s'efforçant de détruire l'hypothèse de Ruysch et de démontrer entre les vaisseaux l'existence d'îlots de matière solide, créait à son tour une nouvelle hypothèse, et proclamait que l'élément essentiel du corps est la fibre. Pour lui, tout provient de la fibre élémentaire, tout provient de l'union, de l'arrangement d'un nombre plus ou moins considérable de fibres élémentaires. « *Fibra*, dit-il, *communis toti humano corpori materies est, etiam cerebro et medullæ spinali.* »

Meckel (6), voulant s'affranchir de l'exagération de l'un et de l'autre système, et

(1) *De fabrica glandularum.* Amsterdam, 1733. — *Opera omnia.* Amsterdam, 1737.
(2) *Observations on the Structure and the Fonctions of the Nervous System.* Edinburgh, 1783.
(3) *Traité du venin de la vipère.* Florence, 1781.
(4) *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et iconographia.* Sienne, 1787. — *Prodromo della grande anatomie.* Florence, 1819.
(5) *Elementa physiologiæ*, t. I, p. 2.
(6) *Handbuch der menschlichen Anatomie.* Halle et Berlin, 1816-1820. - Voy. la trad. franç. de Breschet et Jourdan. Paris, 1825.

pénétrer en même temps plus avant dans la décomposition histologique, admet que, dans le corps, la matière organique revêt deux formes primitives : 1° la forme homogène de matière coagulée ou coagulable ; 2° la forme de globules se plaçant à la file les uns des autres dans la matière coagulable, et composant, par la diversité de leur arrangement, soit diverses sortes de fibres, telles que la fibre musculaire, la fibre nerveuse, soit les éléments des autres systèmes organiques. Milne Edwards (1), poursuivant la même idée, crut découvrir, non-seulement l'existence universelle de ces globules comme éléments organiques, mais encore l'uniformité de leur volume, qui, d'après lui, est de 1/300e de millimètre dans tous les tissus et chez tous les animaux. Plusieurs anatomistes s'étaient même expliqués sur la nature de ces globules : Dœllinger (2) admettait que tous les tissus du corps sont formés par les globules du sang, et C. Mayer (3) allait jusqu'à attribuer à ces globules de la sensibilité, de la spontanéité dans les mouvements, et, en quelque sorte, une vie propre. Il y a peu de temps encore, F. Arnold (4) les représentait comme les principes constituants de tous nos organes.

Cependant, quelques savants, les uns moins absolus, les autres aussi exclusifs que ceux qui précèdent, abordaient d'une manière plus juste la question de la structure des tissus.

Treviranus (5), cherchant à résoudre les tissus en éléments simples, reconnaissables au microscope et possédant, chacun dans sa simplicité, les propriétés du tout qui résulte de leur réunion, admit trois sortes d'éléments : 1° une matière homogène ou amorphe ; 2° des fibres ou cylindres ; 3° des globules.

Heusinger (6), tout en admettant l'élément globulaire comme fondement de la structure organique, lui fit jouer un autre rôle que ses devanciers. Il supposa que le globule peut rester plein ou se creuser en vésicule, c'est-à-dire se transformer en partie contenante plus ou moins solide, et partie contenue plus ou moins liquide. Quand les globules se disposent en série, ils forment des fibres ; quand les vésicules se placent à la suite les unes des autres, elles produisent des tubes vasculaires.

La texture fibreuse du tissu cellulaire, tissu qu'on avait considéré jusqu'alors comme une matière indéterminée, amorphe, muqueuse, coagulable, susceptible de

lieu d'être solide dans toute son épaisseur, il se compose d'un contenant membraneux et d'un contenu plus ou moins fluide. Tous les éléments organiques sont formés d'utricules; et, dans tous ces éléments, dans le corps entier, il n'y a, à proprement parler, de solide que les membranes utriculaires.

Turpin (1) avait déterminé, avec plus de précision encore, l'individualité et les propriétés générales de ces utricules, et de Mirbel (2) avait recherché comment ils procèdent du cambium chez les plantes. De leurs travaux et de ceux des botanistes qui marchèrent sur leurs traces, résulta bientôt l'évidence d'un fait très général chez les végétaux : l'existence de cellules, comme fonds et origine de toute trame organique, fut mise hors de doute. On reconnut des cellules, non-seulement dans plusieurs organes des végétaux, dans leurs tissus les plus tendres, dans les radicules, dans les feuilles, mais encore dans toutes les parties de l'embryon. On suivit pas à pas leurs changements de forme, leur élongation, leur tassement, leur perforation, et toutes les évolutions par lesquelles elles doivent passer pour donner naissance aux trachées, aux organes vasculaires de divers ordres, aux fibres ligneuses, etc.

Deux problèmes restaient à résoudre : *Les tissus animaux sont-ils formés aussi de cellules*, ou du moins proviennent-ils du développement et de la transformation de cellules préexistant à l'état définitif sous lequel ces tissus se présentent à nous ? S'il en est ainsi, *quel est le mode de formation des cellules ?* Ce mode de développement est-il multiple, ou bien est-il au contraire unique et commun à tous les éléments organiques, tant animaux que végétaux ?

Les travaux récents des anatomistes et des micrographes, surtout les belles recherches d'ovologie et d'embryologie auxquelles Purkinje, de Baer, Coste, donnèrent l'impulsion, ont résolu ces questions avec tant de justesse et de généralité, qu'ils ont marqué le point de départ d'une ère nouvelle dans l'histoire de la structure des tissus et des formations embryologiques.

Voyons d'abord comment se forment les cellules. R. Brown avait découvert, dans les cellules végétales, un corps granuleux dont l'aspect et la constance le frappèrent; mais tout en lui donnant le nom de noyau, il ne songea à établir entre lui et la cellule aucune relation d'origine ou de causalité. Plus tard, Schleiden (3), observant que ce noyau existe surtout dans les jeunes cellules et semble présider à leur production chez l'embryon, en fit la clef de tout un système sur le développement des végétaux. D'après lui, le *noyau* est le générateur de la cellule, d'où le nom de *cystoblaste*, par lequel il le désigna. Sur le cystoblaste s'élève d'abord une petite ampoule ou vésicule transparente, représentant un segment aplati de sphère qui s'applique sur le noyau comme un verre de montre enchâssé sur la boîte même de la montre qu'il recouvre. Cette vésicule grandit peu à peu ; par le fait même de son accroissement et par suite de la distension du contenu qui s'accumule dans sa cavité, elle fait saillie au delà du bord circulaire du noyau, dépasse dans tous les sens le contour de ce dernier, et finit par acquérir, relativement à lui, des dimensions si considérables, que le noyau ne paraît plus alors qu'un simple corpuscule adhérent à sa paroi.

Quant au cystoblaste, il se formerait aussi par un mécanisme analogue, c'est-à-dire par la coagulation de granules élémentaires autour de granulations antérieure-

(1) *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, 9e année, 1828, t. XVI, p. 157.
(2) *Ann. du Muséum d'hist. nat.*, t. I, p. 55.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 137.

ment constituées, isolées du plasma environnant, bien délimitées et jouant auprès du noyau de la cellule le rôle de petits noyaux, d'où le nom de *nucléoles*, par lequel Schleiden a cru devoir les désigner.

Cette hypothèse (car on ne saurait lui donner d'autre nom) vint rattacher par un lien commun tous les faits déjà connus de l'existence des cellules dans les plantes. Schleiden la poursuivit en étudiant les transformations que subissent les cellules pour former les divers ordres de tissus, et édifia un système complet du développement des végétaux.

Schwann (1) recueillit cette hypothèse et ce système des mains de Schleiden, pour les appliquer aux animaux. Le développement des tissus et des organes par la métamorphose des cellules, la formation des cellules par l'action de noyaux et de nucléoles préexistants, furent importés de la physiologie végétale dans la physiologie animale, et firent émettre par Schwann l'idée de l'unité de structure des animaux et des plantes.

Si nous recherchons, avant de les juger, l'origine des idées de Schwann et de Schleiden, nous en trouvons le germe dans les premières études sérieuses des ovologistes modernes. Les noms de Purkinje, de Baer, Coste, Wagner, marquent les premiers pas de l'organogénie dans cette voie nouvelle. Les idées suggérées par leurs découvertes furent développées plus tard par Valentin et généralisées par Schwann.

De Baer (2), ayant reconnu que, de toutes les parties dont se compose l'œuf d'oiseau, la vésicule germinative était celle qui, dès l'origine, avait un développement proportionnel plus considérable, supposa qu'elle était née la première, et la considéra comme un centre autour duquel venaient se déposer successivement le vitellus et la membrane vitelline. Le rôle que de Baer faisait jouer à la vésicule germinative, R. Wagner (3) l'attribua, quelques années après, à la tache germinative, qu'il supposa présider comme noyau à la formation de la vésicule du germe, comme nucléole à la formation de l'œuf entier. Valentin (4) avait observé que la masse primordiale de tous les tissus était constituée, chez l'embryon, par des granules particuliers qui se trouvent dans une gélatine transparente ; il avait indiqué la différence de ces granules dans les feuillets séreux et muqueux du blastoderme ; il avait aussi appelé l'attention sur l'analogie de forme du feuillet vasculaire et du cartilage en état d'ossification avec le tissu cellulaire des plantes. Le même anatomiste (5), et plus tard J. Müller (6), décrivirent la structure cellulaire de la corde dorsale des poissons. Purkinje et Raschkow (7), Henle et Valentin (8), étudièrent les diverses transformations des cellules épithéliales et pigmentaires. Enfin, Schwann (9) tint compte de toutes ces analogies et de celles qu'il découvrit lui-même, pour appliquer à l'organogénie animale l'hypothèse de Schleiden, et proclamer l'identité de structure intime et de développement des animaux et des plantes.

(1) *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und im Wachsthum der Thiere und der Pflanzen.* Berlin, 1838. — FRORIEP'S *Notizen*, 1838.

(2) *Lettre sur la formation de l'œuf* (1827, *ouvr. cit.*).

(3) *Prodromus historiæ generationis.* Leipsick, 1836.

(4) *Entwickelungsgeschichte*, p. 209, 287. — Voyez aussi WAGNER, *Traité de physiologie.* Bruxelles, 1841, p. 183.

(5) *Repertorium*, t. I, p. 187.

(6) *Myxinoïden*, p. 74.

(7) *Melet. c. mammal. dent. evol.*, p. 12.

(8) *Repert.*, t. I, p. 143, 284 ; t. II, p. 245.

(9) *Mikrosk. Untersuch.*, etc.

Ce système fut accueilli d'abord avec beaucoup de faveur, surtout en Allemagne. Mais on ne peut douter que les histologistes qui le fondèrent ne lui aient donné beaucoup trop d'extension. Tout en servant puissamment la science, ils ont outre-passé la vérité en voulant prouver (par des observations dont les unes sont incomplètes, les autres erronées) que tout élément textulaire provient de la cellule, et que la cellule se forme toujours par les mêmes procédés organogéniques. Leur mérite réel est d'avoir démontré l'existence de deux faits très généraux : 1° la production de cellules comme forme première d'un grand nombre de tissus ; 2° la transformation de ces cellules en éléments textulaires de diverse nature. On a été conduit ainsi à l'étude approfondie de la formation des cellules, et, bien que l'idée de Schleiden et de Schwann soit fausse dans son exclusivisme, elle a du moins eu l'avantage d'ouvrir aux recherches sur l'organisation une voie aussi féconde que nouvelle.

Quant au jugement que l'on doit porter sur cette hypothèse, nous avons vu déjà jusqu'à quel point la vésicule du germe et la tache germinative peuvent passer pour le noyau et le nucléole de l'œuf. En recherchant les autres preuves invoquées par Schwann, on trouve qu'elles se réduisent à une seule observation directe faite sur les cartilages ; encore cette observation, présentée par Schwann lui-même comme très douteuse, a-t-elle été démontrée fausse par les recherches de C. Vogt (1) sur les cartilages du crapaud accoucheur.

Si, d'ailleurs, le système de Schleiden et de Schwann était l'expression du procédé unique de développement des cellules, il faudrait, comme le fait remarquer Coste (2), que, dans le *cystoblastème* ou mucilage qui s'organise, on pût observer toujours le *nucléole* libre, le *nucléole* englobé par le *cystoblaste*, le *cystoblaste* au moment où la paroi cellulaire se dépose à sa périphérie, enfin le *cystoblaste* enclavé dans l'épaisseur de la membrane pariétale, et disparaissant à mesure que le contenu de la cellule s'introduit dans la cavité de cette dernière. Or, il est rare que le nucléole se montre libre et isolé au sein du cystoblastème ; d'autres fois il n'apparaît à aucune époque de la vie des cellules. L'apparition tardive de ce corpuscule dans certains cas, son absence totale dans d'autres, empêchent qu'on puisse le considérer comme le point de départ de toute formation cellulaire. Quant au cystoblaste ou noyau, Vogt et Coste se sont convaincus que, dans un grand nombre de cellules des poissons osseux et des batraciens, il paraît seulement après la réalisation de la membrane pariétale.

On voit donc que les fondements du système de Schleiden et de Schwann ne sont pas fort solides. Tout en admettant, pour un certain nombre de cas, la probabilité du procédé de développement cellulaire qu'ils ont présenté comme exclusif, on ne peut nier que la nature ne suive souvent d'autres voies pour arriver au même but. Ces procédés, acquis aujourd'hui à la science par les observations de plusieurs physiologistes, peuvent se réduire aux suivants :

1° Des cellules peuvent se former *autour de certains centres par confluence* ou *par coagulation périphérique*. Ce mode général de formation peut se réaliser par divers procédés secondaires. Tantôt la nature use du procédé décrit par Schleiden et Schwann. Tantôt la cellule se forme par la simple coagulation périphérique de sphères granuleuses : c'est ce qui a été démontré par Coste (3) au sujet des cellules du

(1) *Embryologie des Salmones*. Neufchâtel, 1842.
(2) *Hist. génér. et partic. du développ. des corps organisés*. Paris, 1847, t. I, p. 56.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 68.

blastoderme, lesquelles se produisent par la coagulation membraneuse de la surface des petites sphères résultant de la segmentation du vitellus; l'amas de granules qui constitue chacune de ces petites sphères devient le contenu de chaque cellule, et ne peut se comparer en aucune manière ni à un noyau, ni à un nucléole, ni à un contenu absorbé ou formé après coup dans la cavité de la vésicule, comme il arrive dans le procédé admis par Schleiden.

D'autres fois, des centres de formation cellulaire se constituent d'une manière toute différente de celle dont la segmentation du vitellus nous offre l'exemple. Ainsi, on voit dans le cystoblastème, une vésicule ou un globule déjà formés devenir eux-mêmes comme des centres d'attraction, et s'entourer d'une certaine quantité de globules plus petits ou de granules moléculaires dont l'assemblage se recouvre enfin d'une membrane pariétale : Coste (1) a observé ce procédé de développement cellulaire dans les modifications que le vitellus des batraciens éprouve peu de temps après la fécondation. Parfois même ce procédé se trouve en quelque sorte simplifié : les molécules organiques se groupent spontanément, et s'entourent directement d'une enveloppe vésiculaire. Lebert (2) a observé ce phénomène dans la cicatricule de l'œuf d'oiseau, dès les premières heures de l'incubation. Courty (3) a décrit l'une et l'autre variété de formation vésiculaire, comme concourant au développement du blastoderme et à la production des appendices vitellins de la vésicule ombilicale, dans l'œuf de la poule.

2° Au lieu de se former autour d'un centre, les cellules peuvent se produire en *se creusant au milieu du cystoblastème*, c'est-à-dire par un mécanisme opposé à celui qui précède. De Mirbel (4) a observé, le premier, ce mode de développement chez les végétaux : sur une série de coupes pratiquées à l'extrémité d'une racine de dattier, il a vu se manifester, au sein de la substance mucilagineuse du cambium, une multitude de masses irrégulièrement sphéroïdales, homogènes, résultant d'une espèce de condensation du cystoblastème ; bientôt, au centre de chaque masse, se creuse une cavité qui grandit peu à peu, en refoulant autour d'elle la matière qui lui sert de limite. Cette matière elle-même, refoulée, amincie en membrane, finit par représenter une sphère creuse, c'est-à-dire une vésicule. Coste (5)

3° Des cellules peuvent se produire par le *cloisonnement*, la *division*, la *scission de cellules déjà existantes*. Ce mécanisme, fréquent chez les végétaux, notamment chez les conferves, a été observé aussi chez les animaux. Courty (1) l'a vu se réaliser dans les cellules du blastoderme de certains mollusques. Coste (2) en a cité des exemples offerts par les grandes cellules du jaune de l'œuf chez la grenouille, par les cellules du blastoderme des mammifères pendant le premier accroissement de cette membrane, et par celles de la vésicule ombilicale de plusieurs gastéropodes.

4° Enfin, Coste (3) admet que des cellules peuvent se produire aussi par *bourgeonnement*, et pousser, sur les parois de cellules mères, comme de véritables gemmes. Il en a vu des exemples sur la face interne de la vésicule ombilicale des sauriens, et particulièrement des lézards.

Faut-il rapporter à ce dernier mode de formation l'existence de *cellules emboîtées* dans d'autres cellules, ou peut-on supposer que ces générations *endogènes* de cellules se réalisent par un tout autre procédé? Une pareille question est, à cette heure, insoluble. Nous ne donnerons donc pas d'explication de ce fait; contentons-nous de le constater. Henle, Valentin, J. Müller, Schwann, en ont rapporté des exemples. Lebert (4) surtout a rencontré des cellules emboîtées dans les carcinomes; nous en avons retrouvé des exemples dans l'observation microscopique de diverses tumeurs cancéreuses.

Il resterait un dernier problème à résoudre dans l'histoire du développement des cellules. Comment, dans un liquide plastique amorphe, des molécules, des granules, des globules, pouvant servir de noyaux ou se transformer directement en vésicules, viennent-ils à se manifester?

Ascheron (5) a fait, à ce sujet, une observation qui n'est pas sans intérêt. Elle est relative au rôle que jouent les propriétés chimiques des liquides qui interviennent dans la production des éléments cellulaires. Lorsque de la graisse ou de l'huile sont mises en contact avec de l'albumine liquide, celle-ci se dispose en pellicules membraneuses autour des petits globules graisseux ou des petites gouttes d'huile. Si l'on ajoute un peu d'eau au mélange, la petite poche s'enfle; et, si l'on y met un peu d'acide acétique, elle finit par crever. On peut expliquer jusqu'à un certain point ce singulier phénomène par l'effet d'une réaction chimique : d'un côté, le corps gras ne se laisse pas mouiller par l'eau; d'un autre côté, il enlève à l'albumine une certaine quantité d'alcali dont la présence était nécessaire à sa liquidité, et détermine ainsi la solidification de cette albumine sur toute sa périphérie.

Une autre remarque, qui n'est pas sans importance, doit être placée à côté de celle-ci. Dans un grand nombre de cellules à noyau, et surtout de jeunes cellules, il est facile de s'assurer que la cellule et le noyau n'ont pas la même constitution chimique : la cellule se dissout dans l'acide acétique, le noyau ne s'y dissout pas.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 21.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 73.
(3) *Ibid.*
(4) *Physiologie pathologique*. Paris, 1846.
(5) *Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, t. VII, p. 837. — Voy. aussi BURDACH. *Physiologie*, t. IX, p. 451.

Mais, il faut en convenir, ces faits ne sont pas suffisants pour faire concevoir une explication générale de la production des cellules. On ne peut assurer qu'il y ait toujours, dans les éléments qui y prennent part, une différence essentielle de composition chimique. Souvent, au contraire, tout porte à penser que des cellules s'engendrent dans un liquide parfaitement homogène, et que les forces vitales président seules à ces premières manifestations de l'organisation de la matière.

Nous venons d'exposer avec quelques détails les divers modes de formation des cellules, à cause du rôle important que jouent, dans le développement du germe, ces manifestations premières de l'organisation.

La production de vésicules, de cellules, de membranes utriculaires, est la première mutation, le mouvement initial qui accuse la présence des forces de la vie dans un liquide amorphe. L'œuf se présente sous la forme d'une vésicule, ses éléments intérieurs eux-mêmes sont granuleux et vésiculeux. D'autre part, les spermatozoïdes naissent de productions cellulaires présentant, à l'extrémité des conduits séminaux, une succession de phénomènes dont le but final est la formation des éléments reproducteurs masculins. Lorsque les premiers linéaments de l'embryon viennent à paraître, ils sont formés eux-mêmes de cellules tendres, délicates, juxtaposées; enfin, la plupart des tissus qui se développent successivement, à mesure que se forment les divers organes, se composent primitivement de cellules. N'avons-nous pas dit, en étudiant le développement des divers systèmes organiques, que ces systèmes se forment des feuillets celluleux du blastoderme? N'avons-nous pas vu déjà que, dans la matière plastique primitive, il y a, d'un côté, des granules, des globules, des cellules embryonnaires libres, tels que les globules du sang, et, d'un autre côté, des granules, des globules, des cellules juxtaposés, adhérents, soudés entre eux de manière à former les membranes, les tissus, les organes du nouvel être? La question que nous nous étions posée plus haut doit donc être résolue par l'affirmative : Oui, la plupart des tissus animaux sont formés, du moins dans le principe, de vésicules et de cellules.

Reste à savoir par quel mécanisme les cellules peuvent former les divers tissus de l'embryon; à examiner si ces tissus primitifs s'accroissent par un procédé analogue à celui de leur formation, et s'ils deviennent eux-mêmes les éléments définitifs de l'organisation fœtale, ou si de nouveaux tissus se créent, par quelque autre mode, pour suffire aux besoins d'une existence plus compliquée; à rechercher s'il est des tissus qui ne proviennent pas de cellules, et quel serait, dans ce cas, le mode de formation de ces tissus; à déterminer, enfin, ce que deviennent, dans le passage de l'état de cellules à l'état de tissus (membranes, fibres, vaisseaux, etc.), les divers éléments de la cellule, le contenant, le contenu, le noyau, le nucléole et le cystoblastème lui-même, c'est-à-dire la substance au milieu et aux dépens de laquelle les cellules se sont développées.

Plusieurs de ces questions sont encore indécises, d'autres sont du domaine de l'anatomie microscopique. Nous serons donc obligé d'exprimer les résultats acquis à la science, plutôt que de discuter longuement tous les éléments de ces problèmes, renvoyant, pour les détails de la discussion, aux ouvrages de J. Müller, Valentin, Henle, Schwann, Mandl, Lebert, Ch. Robin et quelques autres, qui, comme eux, se sont adonnés à l'étude de l'histologie.

Quand on examine le développement des premières formations embryonnaires

et leur structure intime, on est frappé de leur aspect utriculaire. Elles paraissent toutes constituées par des cellules juxtaposées, plus ou moins adhérentes entre elles, disposées sur un ou plusieurs rangs, suivant l'épaisseur de l'organe qui résulte de leur assemblage; enfin, la plupart de ces cellules, du moins à certaine époque de leur existence, paraissent posséder un noyau.

Ainsi, le sac blastodermique, dont l'organisation succède au phénomène si remarquable de la segmentation du germe, est entièrement formé de cellules à noyau (pl. I, fig. 9, 10). Il en est de même des divers feuillets en lesquels cette membrane semble se diviser. Il en est encore de même de la masse entière et des diverses parties de l'embryon : tous les embryologistes se sont assurés, comme Bischoff (1), qu'à une époque peu avancée, par exemple au neuvième jour chez les lapins, les différentes parties de l'embryon, quoique distinctement reconnaissables, sont toutes formées de cellules avec ou sans noyau.

Si l'on observe au microscope les tissus de l'adulte, on retrouve dans plusieurs la persistance de la composition cellulaire qui nous frappe dans les tissus de l'embryon; on reconnaît même, chez quelques-uns, une identité remarquable dans la forme, la disposition, l'organisation des cellules.

Que sont, en effet, les globules que l'on retrouve dans certains liquides, notamment dans la lymphe, le chyle, le sang, sinon des cellules à des degrés variables de développement? Tous les épithéliums ne sont-ils pas composés de cellules à noyau, ceux qui recouvrent la peau aussi bien que ceux qui tapissent les surfaces muqueuses ou la face interne de la membrane propre des glandes? Ne trouve-t-on pas des cellules à noyau dans les petits sacs où sont contenus les grains de pigment, dans le tissu des cartilages, dans la substance du cristallin, dans les corpuscules ganglionnaires placés sur le trajet des nerfs, etc.?

Les *tissus pathologiques*, ou *de nouvelle formation*, se produisent eux-mêmes d'une manière analogue, c'est-à-dire par le développement de cellules. Tantôt de nouveaux éléments succèdent à ces premières formations de cellules, tantôt la forme cellulaire persiste et devient seulement le siége d'une destruction et d'une rénovation incessantes.

Tels sont les résultats des observations de J. Müller (2), Vogel (3), Lebert (4). Ainsi, les cicatrices se forment aux dépens de globules fibro-plastiques, ou cellules à noyau plus ou moins allongées. De grands globules granuleux caractérisent les tissus enflammés et la formation de fausses membranes. Les globules de pus ne sont eux-mêmes que des cellules à noyau. L'organisation cellulaire est enfin la seule qui appartienne aux tissus mélanique, tuberculeux et cancéreux.

Que deviennent, par les progrès du développement, les nombreuses cellules dont la réunion constitue l'ensemble des organes embryonnaires? Les unes persistent ou sont remplacées par des cellules semblables; d'autres, ou les nouvelles cellules qui leur succèdent, changent d'aspect, de dimensions, de consistance, en un mot, se transforment en tel ou tel tissu; d'autres, enfin, disparaissent probablement sans retour, pour être remplacées par des tissus qui proviennent directement, et par un mécanisme particulier, de la matière plastique ou organisable. Examinons, en peu de mots, ces divers modes d'histogénèse.

(1) *Développement de l'homme et des mammifères*, p. 703.
(2) *Ueber den ferneren Bau und die Formen der krankhaften Geschwülste*. Berlin, 1835.
(3) *Icones physiologiæ pathologicæ*. — *Anat. pathol. génér.* Paris, 1846, trad. de Jourdan.
(4) *Physiologie pathologique*. Paris, 1845.

1° Il est d'abord des cellules qui demeurent libres, isolées, indépendantes les unes des autres, mobiles dans un milieu liquide. Tels sont les corpuscules ou globules de la lymphe, du mucus, du pus, et surtout les globules du sang.

En décrivant l'établissement de la première circulation, nous avons dit que, tandis qu'un liquide abondant pénètre entre les deux feuillets du blastoderme, on voit, dans cet espace intermédiaire, un certain nombre de cellules se mouvoir au milieu d'un certain nombre d'autres qui conservent leur position et finissent par se souder les unes aux autres. Ces dernières forment les parois vasculaires. Les premières sont les premiers globules de sang. Ces globules sanguins sont alors des cellules à noyau ; leurs formes, leurs dimensions, leur composition, sont différentes de celles des globules du sang d'un embryon plus âgé et surtout de l'adulte. Comme tous les autres tissus, le liquide sanguin subit une véritable rénovation en passant des premiers âges de la vie aux époques ultérieures du développement. Mais, chez l'adulte lui-même, les globules du sang sont de véritables cellules, conservant une liberté et une individualité permanentes. Chez les poissons, les reptiles et les oiseaux, le noyau persiste et est très développé. Chez l'homme et la plupart des mammifères, on n'en trouve plus de traces. L'opinion de Valentin (1), qui regardait les globules sanguins comme des noyaux, et non des cellules, ne paraît plus soutenable aujourd'hui.

Quant à l'origine des premiers globules sanguins chez l'embryon, on ne peut admettre avec Baumgaertner (2), Schultz (3) et Bischoff (4), qu'ils soient réellement des cellules du jaune ; ni même, avec Reichert (5), qu'ils proviennent secondairement des petites cellules vitellines. Nous avons vu que, par son organisation et son but final, le jaune est tout différent du germe proprement dit ; le jaune ne se retrouve pas d'ailleurs dans l'œuf des mammifères, et conséquemment ne saurait y engendrer les globules du sang. Ces globules ressemblent exactement aux cellules primaires de tous les autres organes, dont rien ne saurait les faire distinguer ; ils proviennent des créations blastodermiques, c'est-à-dire de l'évolution et du développement du germe ou de la cicatricule.

Enfin, il importe de faire remarquer que, d'après les observations faites d'abord par Hewson (6), Prévost et Dumas (7), E. H. Weber (8), R. Wagner (9), Valentin (10), et renouvelées depuis par la plupart des embryologistes, les globules du sang de l'embryon sont généralement plus volumineux que ceux de l'animal adulte.

2° D'autres cellules persistent à l'état de cellules, et se retrouvent chez l'adulte, mais aplaties, élargies, adhérant les unes aux autres, et formant par leur réunion certains tissus cohérents. C'est ce qui a lieu pour l'épiderme, le tissu corné, les diverses espèces d'épithélium, le pigment, la surface du cristallin.

3° Dans d'autres tissus, on reconnaît bien l'existence antérieure de cellules; mais

(1) MÖLLER'S *Archiv*, 1840, p. 218.—*Traité de physiologie* de R. WAGNER, trad. franç., p. 185.
(2) *Ueber Nerven und Blut.*, p. 46.
(3) *System der Circulation*, p. 30.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 288.
(5) *Entwickelungsleben*, etc., p. 130.
(6) *Opus posthumum*. p. 31.
(7) *Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. IV, p. 499.
(8) SCHMIDT'S *Jahrbücher*, dans son compte rendu des *Mensiones micrometricæ* de R. WAGNER.
(9) *Zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, t. II, p. 35.
(10) *Entwickelungsgeschichte*, p. 296.

on ne peut dire que la réunion de ces cellules constitue, à proprement parler, le tissu. Les seules traces d'élément primordial qu'il soit donné de saisir sont les cavités des cellules ; leurs parois sont confondues ensemble, épaissies et complétement déformées. Telle est l'organisation du cartilage. Quant aux tissus osseux et dentaire, on n'y retrouve pas, à proprement parler, de vestiges de cellules, bien que Schwann ait cherché à rattacher à cette forme élémentaire les énigmatiques corpuscules osseux.

4° Une transformation des cellules facile à constater, est leur élongation et leur passage à l'état de fibres plus ou moins nombreuses, plus ou moins étendues. Un grand nombre des fibres du tissu cellulaire se développe par ce procédé. Avant que les fibres aient acquis tout leur développement ou se soient dissociées du faisceau qu'elles forment dans le principe, on observe sur quelques points la trace du noyau primitif de la cellule. Comme il est possible d'observer d'ailleurs en même temps plusieurs degrés de ce mode de formation, depuis l'existence de la cellule simple jusqu'à celle du faisceau de fibres et de la fibre isolée, on ne peut douter que la fibre ne soit engendrée par la cellule.

Ce que l'on observe chez l'embryon, on le retrouve chez l'adulte partout où se forme du tissu fibreux, du tissu de cicatrice et autour des productions pathologiques. Lebert (1) a décrit avec soin ce mode de formation ; il a donné le nom de *globules fibro-plastiques* aux cellules à noyaux plus ou moins allongées dont le but final est la formation des fibres.

Il existe aussi une autre espèce de fibres, insolubles dans l'acide acétique, douées de caractères spéciaux, auxquelles Henle (2) a donné le nom de *fibres de noyaux*, parce qu'il suppose qu'elles se forment par l'allongement des noyaux de cellules, de la même manière que les précédentes par l'allongement des cellules entières. Mais on n'a jamais surpris des noyaux s'allongeant ou se ramifiant comme les cellules. Aussi la plupart des histologistes, d'accord avec Lebert, nient-ils aujourd'hui ce mode d'origine. Quand le noyau d'une cellule ne persiste pas à l'état de noyau, généralement il disparaît. Pour ce qui est du contenu, il disparaît aussi, ou se modifie dans sa composition chimique et sa consistance, à mesure que la cellule s'aplatit, s'allonge ou se divise pour former des squames, des faisceaux de fibres ou des fibres.

5° Enfin, Schwann a admis que l'évolution des cellules peut aller jusqu'à former, par l'union de leurs parois et la communication de leurs cavités, des cylindres musculaires, des tubes nerveux, des canaux vasculaires. Cette opinion, purement hypothétique, ne peut être démontrée par aucune preuve directe. La présence de taches ou de nodules, que l'on a cru être des vestiges de noyaux, ne suffit pas pour prouver que ces cavités résultent de la fusion d'un certain nombre de cellules creuses.

On ne peut voir, avec Hodgkin, des traces de cloisons cellulaires dans les valvules des vaisseaux lymphatiques. Dans les études faites par Reichert (3), Prévost et Lebert (4), Courty (5), sur le développement des vaisseaux sanguins dans l'embryon du poulet, ces observateurs n'ont jamais vu non plus les vaisseaux se former, comme l'a sup-

(1) *Physiol. pathol.* Paris, 1845.
(2) *Anat. génér.* Paris, 1843, t. I, p. 384, trad. de Jourdan.
(3) *Entwickelungsleben*, p. 142.
(4) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 302.
(5) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1848, t. IX, p. 15.

posé Schwann (1), par la jonction de cellules soudées bout à bout et venant à communiquer par suite de la résorption des parois contiguës; ni, comme l'a décrit Kölliker (2), chez les batraciens, par le développement de cellules étoilées, analogues aux cellules pigmentaires, dont les prolongements ou les éperons s'anastomoseraient entre eux.

Effectivement, le tissu des vaisseaux n'est pas, à proprement parler, un tissu particulier. Quand le sang se forme dans l'embryon, il se meut d'abord dans des espaces vagues et sans limites. De la continuité de ce mouvement, de la direction que lui imprime la force qui préside à son établissement en réglant la dilatation et la contraction du cœur, résulte tout d'abord la naissance de lacunes entre lesquelles s'organisent des tissus, puis la formation de véritables canaux, limités plus tard avec netteté et n'étant plus dès lors susceptibles de changer de place. Autour de ces canaux, comme autour de toute cavité, de tout conduit, servant à une fonction organique, se créent tels ou tels tissus : ainsi s'organisent les vaisseaux. Mais les tissus qui participent à cette organisation ne diffèrent pas, ou du moins ne diffèrent guère de ceux qui se rencontrent partout. Un épithélium, des fibrilles de tissu cellulaire, des fibres plates, bifides comme celles du tissu élastique, même des fibres musculaires lisses, tels sont les éléments dont se composent les parois des tubes dans lesquels circulent les liquides animaux. Ces tubes étaient primitivement limités par de simples rangées de cellules plus ou moins tassées les unes sur les autres, suivant la résistance, l'âge, le calibre du vaisseau; peu à peu ils se sont entourés de productions histologiques plus spéciales, plus variées, plus solides, c'est-à-dire en rapport avec les exigences de circulation de l'adulte.

Les tubes nerveux résulteraient, d'après Valentin (3), du dépôt d'une substance grenue autour des cellules primitives qui se souderaient ensemble, communiqueraient entre elles par suite de la résorption de leurs cloisons contiguës, et laisseraient voir pendant quelque temps leurs noyaux à la surface interne des tubes. D'après Schwann (4), le dépôt de substance blanche s'effectue au contraire sur la face interne de la paroi du tube. Chaque tube nerveux, dans son trajet entier, est d'ailleurs considéré par cet anatomiste comme une cellule secondaire, née par la fusion de cellules primaires dont chacune avait son noyau.

Les globules ganglionnaires de la substance grise seraient, d'après Schwann, les cellules primaires elles-mêmes, mais développées ; tandis qu'ils seraient, d'après Valentin, des formations secondaires développées aux dépens des cellules primaires. R. Wagner et Ch. Robin ont découvert que les ganglions résultent d'un amas de corpuscules ganglionnaires ayant avec les tubes nerveux des connexions bien plus intimes qu'on ne l'avait supposé. Chaque corpuscule, en effet, est une espèce de renflement dont les parois se continuent avec les parois du tube nerveux, qui est rétréci au point de communication. Le contenu du renflement est granuleux, jaunâtre, plus dense et moins transparent que celui du tube, et, dans ce contenu granuleux, se trouve incluse une cellule ronde, claire, transparente, homogène ou finement granuleuse, contenant un ou deux nucléoles. Robin a observé encore que, dans les deux espèces de tubes nerveux, les corpuscules ganglionnaires diffèrent par la forme, le volume, le contenu, et même la cellule centrale.

(1) *Mikroscopische Untersuchungen*, p. 182.
(2) *Ann. des sciences nat.*, 3e série, t. VI, p. 91.
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1840, p. 218, 225.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 169.

Les mêmes doutes existent à l'égard de la fibre musculaire lisse et des fibres musculaires striées. Les traces de noyaux que l'on découvre sur la première et sur le tube qui enveloppe les faisceaux des secondes ne suffisent pas pour démontrer que ces éléments organiques proviennent directement de la transformation de cellules préexistantes, ainsi que l'ont supposé, à quelques différences près, Valentin (1), Schwann (2), Pappenheim (3), Reichert (4), Henle (5).

On voit donc que, s'il est des cellules qui persistent ou qui se reproduisent de manière à conserver à certains tissus de l'adulte la structure des tissus de l'embryon; s'il en est d'autres qui se transforment pour donner naissance à un autre genre de texture organique, il en est aussi un grand nombre dont on constate la disparition à un certain âge de la vie embryonnaire, sans pouvoir saisir aucune relation de métamorphose dans le passage de l'état primitif de cellules à l'état consécutif de membranes, de fibres, de tubes, de vaisseaux. Tout semble démontrer, au contraire, que *plusieurs tissus naissent directement de la substance intercellulaire*, et prennent seulement la place des cellules, à mesure que celles-ci disparaissent. Le cystoblastème, ou, pour employer une expression qui ne préjuge rien, le fluide amorphe organisable, qui, dans le principe, avait donné naissance à des cellules, peut produire, à un âge plus avancé, des formes organiques différentes d'où résultent de nouveaux tissus. Ces derniers sont destinés à durer pendant toute la vie du nouvel être et à remplacer les organes cellulaires transitoires de l'embryon. Ils paraissent provenir des cellules préexistantes; mais, en réalité, ils ont seulement pris leur place, en vertu d'une loi de développement que nous allons bientôt signaler.

Cette opinion est justifiée par l'observation des parties qui se forment évidemment sans intervention de cellules. Ainsi quelques membranes minces, transparentes, hyalines, sans organisation appréciable, semblent se développer de toutes pièces par une condensation du blastème, dans lequel on voit apparaître de fins granules et quelques fibres déliées, sans aucune trace de cellules.

Mandl (6) apporte même, à cet égard, les plus grandes restrictions à la théorie cellulaire de Schwann. Il admet, par exemple, que la cellule proprement dite se rencontre rarement, et que la prétendue cellule est le plus souvent un corpuscule solide. Il pense que certains tissus proviennent de la métamorphose, soit des cellules, soit des corpuscules, mais que plusieurs autres se développent directement du liquide plastique : telles seraient notamment un grand nombre de fibres qui, d'après lui, résulteraient tout simplement de la scission longitudinale plus ou moins multipliée des lamelles du blastème condensé en plaques membraniformes.

Enfin, plusieurs micrographes supposent que toutes les cellules ou tissus de transition se liquéfient et sont complétement résorbés au moment où les tissus définitifs se développent pour les remplacer.

(1) *Historiæ evolutionis systematis muscularis prolusio.* Breslau, 1832. — *Entwickelungsgeschichte*, p. 166. — MÜLLER'S *Archiv*, 1840, p. 198.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 156.
(3) *Verdauung*, p. 111.
(4) *Entwickelungsleben*, p. 241.
(5) *Anat. génér.*, t. II, p. 123, 145.
(6) *Manuel d'anatomie générale.* Paris, 1843. — *Anat. microscopique.*

Lois du développement.— Théories de la génération.

Lois du développement.

L'intérêt excité de tout temps par les faits embryologiques a poussé les nombreux observateurs qui les ont étudiés à chercher les lois de leur manifestation. Ces lois ont été tour à tour en rapport avec les idées qu'on a pu se former, à diverses époques, de la nature intime des phénomènes reproducteurs. Aussi ne sont-elles guère, pour la plupart, que des vestiges de systèmes dénués aujourd'hui du caractère de généralité qui fait seul la force d'une loi, et bons à marquer seulement la marche de la science.

En conséquence, on ne doit pas s'attendre à trouver ici une longue exposition de ces principes. Ceux qu'on a cru devoir admettre encore de nos jours, et rattacher à une théorie de la génération, seront seuls l'objet de notre examen et de notre appréciation.

I. D'après les détails dans lesquels nous sommes entré sur la formation de l'embryon humain et de ses divers systèmes organiques, on a pu s'apercevoir que cet embryon parcourt, en se développant, une série de modifications, depuis l'état de membrane blastodermique jusqu'à celui d'animal parfait. L'étude de ces modifications a vivement frappé l'esprit de tous les anatomistes qui les ont successivement découvertes, et la connaissance imparfaite des principaux degrés d'organisation par lesquels passe l'embryon, avant d'atteindre la réalisation du type qu'il doit reproduire, a donné lieu à un des plus singuliers systèmes.

Ainsi, on a prétendu que le fœtus humain passe par des états transitoires rappelant la constitution définitive des différents êtres qui lui sont inférieurs dans la série animale ; c'est-à-dire qu'il représente d'abord un zoophyte, puis un mollusque, un ver, un poisson, un reptile, etc. Serres, qui soutient encore cette opinion, dit, par exemple, que les monades, parmi les animaux inférieurs, sont représentées en embryogénie par la vésicule de Purkinje, que les gônes, les volvoces, trouvent leur représentation dans l'état embryonnaire primitif, etc. Ce n'est pas seulement d'après la considération de l'ensemble des formes organiques, mais encore d'après celle des divers appareils, que les anatomistes de cette école ont cru reconnaître une identité entre l'organisation fœtale de l'homme aux diverses époques du développement, et l'organisation adulte des animaux qui lui sont inférieurs.

Cette manière de voir se résume par les expressions suivantes de Serres (1) : « L'organogénie humaine est une anatomie comparée transitoire, comme à son tour l'anatomie comparée est l'état fixe et permanent de l'organogénie de l'homme. »

Pour peu qu'on approfondisse l'étude de l'embryologie, et que l'on compare avec rigueur les faits bien observés d'embryogénie humaine avec les notions exactes de l'embryogénie des animaux, on arrive bientôt à se convaincre que cette hypothèse a, tout au plus, l'apparence de la vérité. Elle est seulement l'expression de phénomènes observés sous un faux jour, ou d'une manière incomplète. Outre que

(1) *Précis d'anatomie transcendante appliquée à la physiologie*. Paris, 1842, p. 90.

l'opinion de Baer, si puissante en cette matière, est tout à fait contraire à une pareille doctrine, les observations embryologiques les plus récentes témoignent hautement de sa fausseté. Plusieurs anatomistes, tels que J. Müller (1), Milne Edwards (2), Coste (3), Courty (4), en discutant la manière dont on doit considérer les analogies que les embryons offrent les uns avec les autres dans les différentes classes, ont donné l'interprétation réelle des faits qui servirent de fondement à cette erreur.

Il est d'abord évident que l'homme, à quelque époque de son développement embryonnaire qu'on veuille la prendre, ne ressemble jamais à un radiaire, à un mollusque, ni à un articulé. Dès qu'une trace saisissable d'un type d'organisation animale se manifeste sur le blastoderme, cette trace offre tout d'abord un aspect différent et caractéristique pour tous les individus de chacun des quatre grands embranchements du règne animal. On sait que, pour les vertébrés, elle consiste dans l'apparition de la ligne primitive. Aussitôt que, sur un œuf dont le développement a atteint la période de la membrane blastodermique, on voit se dessiner cette ligne, on peut être assuré qu'un vertébré naîtra de cet œuf, etc. ; c'est là certainement le cas de l'œuf humain.

Bien plus, l'homme ne ressemble jamais ni à un poisson, ni à un reptile, ni à un oiseau. Assurément les premiers linéaments embryonnaires, les dispositions organiques des systèmes nerveux, vasculaire, digestif, sont fort analogues, sinon semblables, chez tous les embryons de poissons, de reptiles, d'oiseaux, de mammifères, et de l'homme lui-même. Faut-il en conclure que le poisson, le reptile, l'oiseau, le mammifère adultes soient analogues à l'homme dans ses divers âges embryonnaires ? Non, sans doute. Il n'y a pas ici autre chose qu'une identité apparente entre des embryons qui ne sont pas encore organiquement caractérisés; de même que, à une époque moins avancée, il y avait identité apparente entre les œufs de tous les animaux. L'organisation du poisson, du reptile, de l'oiseau, du mammifère et de l'homme est, à une époque reculée de la vie embryonnaire, l'expression la plus simple du type commun à tous. Mais, bientôt chacune de ces classes se caractérise par l'apparition des traits organiques qui lui sont particuliers, et poursuit, dans telle ou telle direction, les progrès de son développement. Dans chacune de ces classes, se manifestent plus tard, entre des embryons primitivement identiques, de nouvelles différences qui témoignent d'une direction divergente. Enfin, lorsque chaque espèce a atteint le dernier degré de son évolution, elle ne présente plus aucune forme organique identique avec celles même de son état embryonnaire, et par conséquent à plus forte raison analogue à quelqu'une des formes transitoires du fœtus humain.

Ainsi l'assimilation que l'on a faite des états embryonnaires de l'être humain avec les formes organiques des autres animaux adultes est insoutenable. La seule assimilation fondée est celle de ces états embryonnaires avec les mêmes états embryonnaires d'un certain nombre d'animaux. De même que les œufs de tous les animaux se ressemblent à l'origine du développement de tout animal, de même les embryons de tous les vertébrés se ressemblent plus tard par le fait de l'existence

(1) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. II, p. 705.

(2) *Considérations sur quelques principes relatifs à la classification naturelle des animaux, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, *Zoologie*, t. I, p. 66).

(3) *Hist. génér. et partic. du développement*. Paris, 1847 (Discours prélim.).

(4) *Lettre sur quelques points de physiologie générale* (*Journ. de la Soc. de méd. prat. de Montpellier*, 1847).

commune de la ligne primitive, et de certaines dispositions générales des divers systèmes organiques, telle que celles des arcs aortiques, pour le système vasculaire. Puis les embryons des mammifères, se distinguant de tous les autres embryons de vertébrés par des caractères tranchés, se ressemblent tous entre eux par des traits organogéniques communs. Chez ces embryons de mammifères eux-mêmes, surviennent d'autres caractères organiques qui, dès une période reculée de l'état embryonnaire, annoncent des divergences entre les différents genres. Plus tard, de nouveaux caractères témoignent de nouvelles divergences entre les diverses espèces. Enfin celles-ci se singularisent à leur tour, s'individualisent de plus en plus, et présentent finalement toutes les particularités propres à l'espèce, à la variété, à la race qui doit être reproduite.

Il n'y a donc pas de ressemblance entre les formes transitoires de l'embryon humain et les formes permanentes des autres embryons. Mais il y a similitude, à des périodes successives du développement, entre les organisations embryonnaires des divers embranchements, classes, ordres, genres du règne animal, similitude qui va toujours s'affaiblissant, se morcelant pour ainsi dire, à mesure que ces formes organiques divergent vers la réalisation définitive du type qu'elles doivent reconstituer.

L'hypothèse que nous venons de combattre, celle qui présenterait l'organogénie humaine comme une anatomie comparée transitoire, conduirait insensiblement à une nouvelle hypothèse, qui ne serait elle-même que la restauration d'une idée introduite depuis longtemps dans la science ; nous voulons parler du système des *transformations* ou *métamorphoses*. Si le germe de l'être humain passait successivement par les états d'infusoire, de mollusque, d'articulé, de poisson, de reptile, etc., avant d'atteindre l'organisation de l'homme, il en faudrait conclure rigoureusement qu'il s'est transformé peu à peu, qu'il a subi une série de métamorphoses pour s'élever du degré le plus inférieur au rang le plus élevé. Or, l'hypothèse des transformations est fausse de tous points : elle est inadmissible aussi bien pour l'ensemble de la série animale que pour des groupes limités d'animaux, pour le développement de l'être humain comme pour le développement des insectes, pour la totalité du fœtus comme pour chacun de ses systèmes organiques en particulier.

On sait que les transitions remarquables de l'état de larve ou de chenille à celui de chrysalide, et de l'état de chrysalide à celui de papillon ou d'insecte parfait, donnèrent lieu à la première idée des métamorphoses dans le règne animal. Mais ces transitions sont-elles vraiment des métamorphoses ? Depuis les admirables travaux de Swammerdam, on peut assurer le contraire. Swammerdam, en effet, bien qu'il en déduisît la conclusion erronée de la préexistence des germes et de leur éternel emboîtement, démontra, le premier, à l'aide de ses ingénieux procédés de dissection, que la chenille ne se transforme réellement pas en papillon. Il fit voir que les organes du papillon se développent peu à peu sous l'enveloppe et les organes de la chenille ; qu'ils déterminent l'atrophie, la résorption ou le desséchement de ces derniers, et finissent par les remplacer, lorsqu'ils ont acquis la puissance de suffire eux-mêmes à l'accomplissement de nouvelles fonctions.

Une succession de phénomènes analogues se passe chez les embryons de tous les animaux, et, en particulier, chez l'embryon de l'homme. Cette marche de la nature dans la création des êtres nouveaux, signalée déjà, pour un petit nombre

d'organes, par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1), sous le nom de *rénovation des organismes*, et par Flourens (2), sous celui de *dédoublement organique*, a été généralisée et présentée par Courty (3) sous le nom de *substitution organique*, comme une loi de développement commune à la plupart des appareils et à l'organisation entière de l'état embryonnaire. La substitution, ou changement d'organes, a pour but l'accomplissement de fonctions nouvelles nécessitées par les nouvelles conditions d'existence que le jeune animal est obligé de traverser pour passer de l'état d'œuf à celui d'embryon, de fœtus, d'animal parfait.

Un des exemples les plus remarquables de substitution organique est celui qui se manifeste le premier dans l'œuf humain, la succession des chorions. Nous avons vu, en effet, comment la vésicule vitelline, le blastoderme, l'allantoïde, forment successivement, chacun à son tour, l'enveloppe la plus extérieure de l'œuf : à mesure que celui-ci change de condition, les membranes, qui l'enveloppaient, et qui suffisaient à ses premiers besoins, s'atrophient peu à peu, sont résorbées, et disparaissent, pour faire place à des membranes nouvelles qui procédaient du fœtus derrière les premières, et qui, lorsque leur organisation est parfaite, viennent suppléer celles-ci dans de nouvelles fonctions. Nous retrouvons des exemples de phénomènes analogues dans la succession des divers appareils de *nutrition* (vésicule ombilicale, chorion, placenta), de *circulation* (appareils de la première, de la seconde, de la troisième circulation), de *respiration* (allantoïde, poumons chez les oiseaux; branchies, poumons chez les batraciens, etc.), de *sécrétion* (corps de Wolff, reins), etc. Enfin n'en est-il pas de même, comme nous le disions à propos de l'histogénèse, du développement des tissus ? Ceux-ci ne se substituent-ils pas peu à peu à cette sorte de gangue organique celluleuse, d'une simplicité et d'une uniformité parfaites, qui constitue primitivement toutes les parties de l'embryon ?

Telle est la solution que les travaux embryologiques nous permettent de donner actuellement à ce problème, si étrangement résolu, des changements subis par l'embryon dans le cours de son développement.

II. Une autre idée a été le point de départ de principes généraux différents, et même opposés entre eux, suivant qu'on s'est efforcé de la résoudre en un sens ou en un autre : c'est celle de la direction que suivent, dans leur marche, les créations organogéniques. Quels organes se développent les premiers dans l'embryon ? Ces organes se développent-ils primitivement dans le lieu qu'ils occuperont plus tard ? Enfin le développement général de l'embryon a-t-il lieu du centre à la circonférence, ou de la circonférence au centre ? Ces deux dernières faces du problème ont donné lieu à deux solutions différentes. Suivant quelques anatomistes, le développement serait centrifuge ou divergent; suivant quelques autres, il serait centripète ou convergent. L'observation complète des faits peut seule nous conduire à la vraie solution.

Il est inutile de réfuter aujourd'hui l'idée d'un *développement centrifuge*. Nous ne rappellerons donc pas l'opinion de Galien (*), à peu près renouvelée par

(1) *Traité de tératologie*. Paris, 1832, t. I, p. 272.

(2) *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparée*. Paris, 1844, p. 23.

(3) *Mémoire sur les substitutions organiques*. Paris, 1847. — Voy. *Gazette médicale de Paris*, 1847.

(*) GALIEN avait même d'abord limité au foie le point de départ de toutes les formations organiques.

Fabrice d'Acquapendente, d'après qui le point de départ de toutes les formations organiques serait le système osseux, et notamment le rachis ou la carène de l'animal; ni celle de Harvey et de Haller, admettant, d'après Aristote, que le cœur est l'origine du développement de tous les autres organes; ni celle de Malpighi, présentant le système nerveux comme le précurseur et le générateur de toutes les autres parties, etc. L'exposition fidèle et suffisamment détaillée que nous avons donnée précédemment du développement de l'embryon suffirait pour faire juger la valeur de cette première hypothèse, si les partisans de l'opinion opposée ne s'étaient pas chargés déjà de la réfuter de tous points.

L'hypothèse du *développement centripète* est soutenue par Serres (1), qui la proclame comme un principe absolu, dominant toutes les autres lois du développement embryonnaire, et se rattachant, par les plus étroits liens, au système de l'épigénèse, à la vraie théorie de la génération. D'après cet anatomiste, le système du développement centripète découlerait, comme conséquence, d'une série de principes auxquels il donne le nom de *lois*, et qui seraient la généralisation de toutes les séries de faits organogéniques.

Tels sont les principes de *fractionnement des organismes* et d'*association* ou d'*homœozygie* de ces mêmes organismes, mots qui expriment tout simplement que la création des divers appareils se fait par parcelles, dans divers points du champ germinateur, et que ces parcelles doivent se rencontrer, se réunir, s'associer, pour former l'ensemble de ces mêmes appareils. Tels sont aussi les principes de *symétrie* ou de *dualité* des organismes, et de *conjugaison* ou retour de ce dualisme à l'unité, principes qui dérivent des deux précédents et n'en sont que des formes appropriées, pour ainsi dire, au développement des vertébrés.

Les lois de *formation des organes impairs*, des *ouvertures*, des *cavités*, des *canaux*, ne sont elles-mêmes que les expressions particulières de quelques faits rentrant dans l'ensemble de ces principes généraux.

Comme une dépendance de la loi de formation centripète, Serres (2) présente encore le principe d'*équilibration des organismes*, en vertu duquel l'excès primitif de développement du feuillet séreux serait balancé par l'hypertrophie du feuillet

d'un même appareil naissent ici ou là, les unes précédant les autres, pour se réunir plus tard ; tantôt elles semblent naître partout à la fois, sans qu'on puisse distinguer aucune antériorité de formation. Cette antériorité de formation, lorsqu'elle existe, ne suit d'ailleurs aucune règle fixe : elle porte ou sur les parties centrales, ou sur les parties périphériques. Enfin, comme nous l'avons exprimé déjà en plusieurs endroits, notamment à l'occasion de l'appareil nerveux et de l'appareil vasculaire, chaque partie d'un même système naît dans le point même où elle doit se développer et atteindre son complément organique, et elle se trouve tout en rapport avec les autres parties, sans présenter aucun phénomène de divergence ou de convergence vers quelqu'une de ces dernières.

Poser la loi de symétrie, c'est exprimer seulement un fait, dont la constatation dépend de la nature même des êtres sur lesquels porte l'observation. Tous les vertébrés étant symétriques par rapport à un plan médian, leur développement ne peut avoir d'autre but, à cet égard, que d'arriver à la réalisation de cette forme symétrique.

Enfin la loi d'équilibration ne peut invoquer aucune preuve en sa faveur : il s'en faut bien qu'on observe la succession de prédominance dans les formations des feuillets séreux, vasculaire, muqueux, ainsi que Serres l'exprime. On ne peut reconnaître davantage une prépondérance anatomique dans telle partie d'un appareil, ayant pour but de balancer la prépondérance de telle autre partie. On observe seulement une succession d'appareils ou d'organes en rapport avec la succession des fonctions qui doivent s'accomplir dans les diverses phases de l'évolution embryonnaire.

Les lois de formation des organes impairs, des cavités, des ouvertures, des canaux, n'offrent pas un caractère plus absolu.

On en peut dire autant de celle de l'*antériorité de tel ou tel système organique* : par exemple, de l'antériorité du système nerveux, admise par les uns, ou de celle du système vasculaire, admise par les autres. Si certaines parties d'un système se développent avant celles d'un autre système, il en est aussi qui se développent après, et les premières formées ne paraissent avoir aucune influence organogénique sur la formation des autres parties, soit du même appareil, soit d'appareils différents.

Nous devons donc refuser à ces principes, exprimant seulement un nombre plus ou moins grand de faits particuliers, la dénomination de *lois*, qui tendrait à leur faire attribuer une extension, sinon absolue, du moins très générale.

S'il est une loi générale de formation, relativement à la succession de développement des diverses parties, s'il est une conclusion de laquelle on ne puisse méconnaître la justesse, c'est que l'*unité de plan préside toujours et partout à la grande diversité des phénomènes organogéniques.*

Tous les appareils, tous les tissus, tous les organes se forment du blastoderme ou des sucs qui le pénètrent, dans le point même où ils doivent servir à l'accomplissement des fonctions transitoires de l'embryon, ou des fonctions permanentes de l'animal parfait. Aucune de ces parties ne semble provenir d'une autre, elles paraissent, pour ainsi dire, indépendantes ; mais elles tendent en réalité vers un but commun, et l'on ne tarde pas à les voir se raccorder entre elles, suivant les fins d'une sorte de prévision ordonnatrice aussi admirable que mystérieuse.

Théories de la génération.

Si le positivisme de nos connaissances actuelles sur la formation du fœtus nous a permis d'apprécier, en peu de mots, la valeur des idées qu'on a émises comme principes généraux du développement organique, il nous permettra de juger plus facilement encore les théories sur la génération. Aussi, après l'exposition que nous avons faite des éléments de la reproduction dans les deux sexes, du résultat de leur union intime, de la formation du nouvel être et de son développement, il nous restera peu de choses à dire sur ces nombreux systèmes que l'ignorance enfanta, à toutes les époques scientifiques, touchant l'essence même de la reproduction.

Toujours mystérieuse et toujours attrayante, la question de la génération fut tranchée en des sens différents, suivant que telle ou telle découverte vint à élucider quelqu'un de ses divers actes. Mais tant d'hypothèses qui furent faites, loin de servir la science, n'eurent pour résultat que d'embarrasser sa marche et de reculer le terme où la vérité pourrait être enfin reconnue. Il serait oiseux de les rapporter toutes, ou même seulement les principales ; car, à la fin du XVIIIe siècle, leur nombre ne s'élevait pas à moins de trois cents. Nous nous contenterons de démontrer qu'elles se rattachent toutes, pour le fond, à deux systèmes essentiels, et de dire comment on pourrait croire raisonnablement à l'un ou à l'autre.

Quant à la théorie que l'époque actuelle permet seule d'admettre, nous n'aurons pas besoin d'en donner la démonstration. Cette démonstration se trouve à toutes les pages de l'histoire que nous avons écrite ; elle ressort, comme une conséquence immédiate, de tous les faits embryologiques précédemment exposés. Si l'on se rappelle les principaux traits de l'esquisse, tracée plus haut, de la reproduction chez les différents animaux, des divers modes par lesquels leurs espèces se perpétuent, de la formation de l'œuf et du sperme chez les êtres supérieurs et notamment dans l'espèce humaine, de la nature de ces deux éléments, de l'époque et du lieu de leur rencontre, de la manière dont ils s'unissent, des premiers changements qui se manifestent dans l'œuf fécondé, et du développement des divers systèmes organiques, on aura sous les yeux toutes les preuves de la seule opinion qu'il soit possible d'avoir aujourd'hui sur la génération.

La question qui a toujours dominé l'étude du développement de l'embryon, et par suite la théorie de la génération, est celle de savoir si les organes des animaux préexistent à leur développement, ou s'ils se forment de toutes pièces et naissent de la matière organisable amorphe ; si la production d'êtres nouveaux n'est qu'un accroissement de leurs germes eux-mêmes qui grandissent et se développent, ou si elle est une sorte de création indéfiniment et continuellement renouvelée. De là les hypothèses opposées de la préexistence et de l'épigénèse, auxquelles on peut rattacher toutes les autres.

I. Le système de la *préexistence* et de l'*évolution* des germes a revêtu plusieurs formes : il s'est modifié et, pour ainsi dire, localisé suivant la manière de voir des physiologistes qui l'ont adopté. Ou le fœtus préexiste en matière et en forme, et la fécondation le détermine seulement à se développer ; de là l'hypothèse de la préformation ou préexistence proprement dite, dans laquelle le germe est supposé

être la miniature même de l'individu futur, et produire ce dernier en s'agrandissant dans tous les sens : ou bien il n'existe qu'en matière, le travail de la fécondation et du développement sert à lui faire acquérir la forme ; c'est une simple métamorphose. Ajoutons que la plupart de ceux qui ont admis la préexistence ont dû la limiter à l'un des êtres procréateurs : car, si le germe n'était pas déjà tout formé dans le mâle ou dans la femelle, sa formation devrait résulter de la fusion des éléments reproducteurs de l'un et de l'autre ; elle serait une conséquence de la fécondation, une création nouvelle postérieure à l'accomplissement de cet acte, en un mot, le contraire d'une préexistence. Les partisans des préexistences ont donc généralement supposé que le germe était tout formé dans un seul sexe, et que l'élément générateur de l'autre sexe était tout simplement une sorte de nourriture, nécessaire pour en favoriser le développement. Les uns (*ovistes*) ont placé dans l'œuf le véritable germe ou animal préformé ; les autres (*spermatistes*) l'ont admis dans le sperme. Enfin, la préexistence a été considérée comme datant de la création même de l'espèce (syngénèse à laquelle se rapporte le système de l'emboîtement), ou comme antérieure seulement à la fécondation (épigénèse, mot que nous verrons plus tard avoir une signification plus étendue et qui a été détourné de son sens primitif).

La *préformation*, ou *préexistence proprement dite*, suppose que la formation du nouvel être est antérieure à tout acte reproducteur. Cette hypothèse est inadmissible ; car, loin de trouver dans l'œuf ou dans le sperme un individu préformé, nous avons vu le jeune embryon naître de la combinaison de ces deux éléments, chacune de ses parties se former peu à peu, et successivement, aux dépens de la matière organisable amorphe résultant de cette combinaison ou de l'absorption des liquides environnants. Nous aurons d'ailleurs à revenir bientôt sur ce fait avec plus de précision, en disant quelques mots des systèmes particuliers des ovistes et des spermatistes.

Néanmoins l'erreur précédente fut si enracinée, que Fabrice d'Acquapendente, Malpighi, Haller, eux-mêmes, tout en décrivant l'apparition des divers appareils embryonnaires dans l'œuf de la poule, n'en admirent pas moins la préexistence du poulet : aussi furent-ils obligés de supposer l'embryon assez petit, ténu et transparent pour échapper complétement à l'observation. Si l'on en découvre les divers organes peu à peu, cela tient, disent-ils, à ce qu'à mesure qu'ils grossissent, ces organes deviennent plus consistants, plus opaques. Mais tous ces organes existent depuis longtemps, l'individu entier est préformé ; seulement il est infiniment petit, et, pour ainsi dire, enveloppé : le développement embryologique n'est au fond que l'agrandissement, le déploiement, le déplissement du fœtus préexistant et de ses enveloppes ; il est, en un mot, non une création, mais une simple *évolution*.

Pendant que ce système jouissait de la plus grande faveur, les remarquables expériences de Trembley vinrent démontrer l'existence, dans l'organisme, d'une nouvelle et admirable faculté : celle de reproduire, de régénérer une partie de lui-même. Tous les faits organogéniques que nous connaissons aujourd'hui fussent-ils ignorés, comment faire accorder l'idée des préexistences avec l'observation des régénérations ? Si l'on refuse à un animal la puissance d'en créer un autre, et si l'on suppose que celui-ci ne saurait exister sans avoir été préformé, créé d'avance et dès l'origine même de l'espèce, comment concevoir que, privé de quelqu'un de ses organes, il puisse le reproduire, comme nous l'avons déjà vu, et le repro-

duire, non-seulement une première fois, mais à plusieurs reprises, et, dans certaines espèces, d'une manière presque indéfinie?

Il fallait de toute nécessité abandonner la préexistence ou nier la régénération; aussi n'a-t-on pas hésité à nier cette dernière, en tant que génération ou création nouvelle. Au lieu de voir, dans ce phénomène, la preuve d'une force de reproduction partielle, intermédiaire, pour ainsi dire, à la faculté de nutrition ou d'assimilation, et à la puissance de reproduction totale ou de génération d'un individu, Ch. Bonnet et Haller (1) ont été jusqu'à le considérer, à son tour, comme un développement, une évolution de parties qui devaient être elles-mêmes préexistantes. Ainsi, ils ont supposé l'existence de germes disséminés à l'infini dans le corps : si les organes subsistants viennent à être détruits, les germes latents acquièrent plus de nourriture, croissent et les remplacent. Mais où placera-t-on ces germes? quel nombre en admettra-t-on? De combien d'espèces faudra-t-il en supposer? Si l'on coupe la main d'une salamandre, elle se reproduit, il y a donc un germe de main; si l'on coupe son avant-bras, tout son membre supérieur, ils se reproduisent aussi, il y a donc un germe d'avant-bras, un germe de bras, un germe de membre supérieur. Si l'on coupe le membre déjà reproduit, il se reproduit une seconde fois, il en est de même une troisième, une quatrième et même un nombre indéfini de fois; faudra-t-il donc supposer deux germes, trois germes, un nombre indéfini de germes pour la même partie? On comprend à peine que le système des préexistences ait pu tenir contre de pareils faits; et pourtant ceux-là même qui les observaient, sans en excepter Spallanzani, en étaient les premiers défenseurs.

Le système des *métamorphoses*, la seconde forme générale sous laquelle a été présentée l'idée des préexistences, soutenu dans l'antiquité par Héraclite (2), et dans les temps modernes par Cl. Perrault (3), a été surtout développé par Buffon.

Suivant ce dernier, dont nous avons eu déjà occasion de faire connaître l'hypothèse en parlant des générations spontanées, il existe une matière particulière de laquelle tous les êtres vivants tirent leur nourriture (molécules organiques). Dès que l'organisme est arrivé à maturité par la nutrition, il se sépare de tous les organes et de toutes les parties de chaque organe (moules intérieurs) des molécules organiques qui leur ressemblent et qui en sont des modèles en petit. Si ces molécules arrivent dans une partie d'où elles ne puissent plus sortir, elles prennent la forme d'entozoaires; de même que, si elles se trouvent hors du corps, dans des circonstances favorables, sous l'influence de la putréfaction, etc., elles produisent des infusoires (génération spontanée). Chez les animaux dépourvus de sexes, ces mêmes molécules produisent de nouveaux individus dans toutes parties du corps indistinctement; mais, chez ceux qui ont des sexes, elles se rendent dans l'ovaire et le testicule : pendant l'accouplement, les molécules du mâle et de la femelle se mêlent ensemble, puis elles s'unissent d'après les lois de la même affinité qui règne entre les organes d'où elles proviennent.

Needham (4), Bonnet (5) (bien qu'à un autre point de vue le premier fût épigé-

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 171.
(2) BURDACH, *Physiologie*, t. II, p. 295, trad. de Jourdan.
(3) *Essai de physique*. Amsterdam, 1727, t. III, p. 480.
(4) *Observations nouvelles sur la génération, la composition et la décomposition des substances animales et végétales*. Observations adressées à Folkes, président de la Société royale de Londres. Paris, 1748.
(5) *Considérations sur les corps organisés*, §§ 4, 62, 63, 90.

nésiste, et le second, partisan de l'ovisme et de l'emboîtement), admettaient aussi ces idées de panspermie, de mouvements des molécules indestructibles, et de métamorphose. Les hypothèses de Treviranus (1), Wrisberg (2), Oken (3), Walther (4), étaient semblables par le fond, quoique différentes par la forme.

On n'a jamais pu donner une démonstration satisfaisante d'un système qui n'est, comme on le voit, qu'une supposition sans fondement. D'ailleurs, ce système lui-même n'est pas la solution du problème : supposer les germes répandus partout et ne formant ou ne déformant les corps que par leur association, leur disjonction, leur transformation, ou leur passage à travers les organismes formés, ce n'est pas plus résoudre la question que d'admettre les germes de chaque espèce créés d'avance, et contenus tous ensemble dans le premier individu de l'espèce. La force de transformation, de passage, de mouvement, de jonction, d'association de ces molécules est aussi difficile à comprendre que celle d'évolution ; et l'une et l'autre ne sont pas plus simples à admettre que la force de reproduction, de génération, de création, en un mot.

Le propre de la nutrition est d'assimiler la matière inorganique et d'en faire de la matière organisée, de créer celle-ci de celle-là : or, la reproduction des parties, la génération d'individus nouveaux, ne sont que deux modes du même phénomène. On ne peut ni les en séparer, ni les expliquer autrement. Ils dépendent d'une puissance de création identique, continue, persistant avec les formes et les conditions organiques.

Mais, avons-nous dit, ceux qui admettent la préexistence soit par préformation, soit par métamorphose, les premiers surtout, ont été conduits invinciblement à localiser, en quelque sorte, cette préexistence, pour les êtres supérieurs, c'est-à-dire à en placer l'objet dans l'un ou dans l'autre sexe. De là deux formes nouvelles d'un système unique dans le principe : l'ovisme et le spermatisme, issus l'un et l'autre (5) du hasard des découvertes auxquelles devait les rattacher une contingence inévitable.

Dans le nombre des *ovistes*, il faut compter principalement Swammerdam, Malpighi, Vallisnieri, Haller, Spallanzani et Bonnet, attachés à ce système purement hypothétique, malgré les admirables travaux d'observation qui auraient dû les conduire tous à des conclusions bien différentes. Haller (6) ne pouvait pas trouver de meilleures raisons à l'appui de son opinion que d'admettre que l'œuf entier est une partie du corps de la mère, et que, les animaux formant une chaîne non interrompue depuis le polype jusqu'à l'homme, si le polype se développe directement de la substance d'un seul autre polype, il ne peut en être différemment pour l'homme; c'est-à-dire que ce dernier doit se développer directement et uniquement sur sa mère. Ne pouvant concilier avec cette première supposition les ressemblances du fils avec le père, non-seulement dans la génération ordinaire, mais dans la production des hybrides et des mulets, le même physiologiste était forcé de soutenir cette hypothèse par une autre. Il admettait donc, avec Bonnet (7), que le sperme est une nourriture, et qu'à ce titre il n'est pas sans importance ; car si

(1) *Biologie*, t. II, p. 403.
(2) *Observ. de animal. infus.*, p. 90.
(3) *Die Zeugung*, p. 92.
(4) *Physiologie des Menschen*, p. 614.
(5) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 93.
(6) *Ouvr. cit.*, t. VIII, p. 175.
(7) *Considér. sur les êtres organ.*, §§ 66, 34.

nature peut introduire des modifications considérables dans le développement du petit être qui est censé préexister dans l'ovaire.

Nous savons aujourd'hui si, comme le croyaient Swammerdam (1) et Spallanzani (2), la tache noirâtre de l'œuf de grenouille non fécondé est véritablement l'embryon. Comment donc Malpighi (3), Croone (4) et tant d'autres, tout en esquissant les premiers linéaments du poulet, pouvaient-ils méconnaître l'époque de ces formations, et admettre, contre le témoignage de leurs sens, la préexistence dans l'œuf de ce petit être à la création duquel ils assistaient?

Pour les *spermatistes*, parmi lesquels nous devons signaler Mohrenheim (5), Darwin (6), et généralement tous ceux qui s'occupèrent, avant notre époque, des spermatozoïdes, tels que Leeuwenhoek, Hartsœker, L. Hamm, Boerhaave, Keil, Cheyne, Ch. Wolff, Lieutaud, Gautier, Andry, les mêmes objections se présentaient, notamment celle de la ressemblance du fruit avec sa mère.

Là ne se bornaient pas les hypothèses issues de la préexistence. Quel que soit le lieu d'où l'on fasse provenir l'individu nouveau, de l'œuf ou de la semence, ou de tous les deux à la fois, si l'on admet sa préformation, il faut bien supposer aussi qu'il était contenu non-seulement dans les parents, mais dans les parents des parents, et l'on arrive ainsi de toute nécessité au système de l'emboîtement. En effet, si les germes de tous les êtres sont créés simultanément, c'est-à-dire par *syngénèse* (expression opposée à celle d'épigénèse), on ne peut faire à leur sujet que deux hypothèses se rapportant elles-mêmes directement à celles des métamorphoses et de l'évolution. La syngénèse suppose-t-elle le mouvement des germes, leur entrée et leur sortie des corps, en un mot la métempsycose matérielle, s'il est permis d'accoupler ces deux mots, elle conduit à la *métamorphose*, à la *dissémination des germes*, à la *panspermie* (Buffon). Sinon, elle entraîne l'hypothèse de l'inclusion des germes les uns dans les autres, depuis le premier homme créé jusqu'aux derniers de ceux qui doivent disparaître de la terre; en un mot, le système de l'*emboîtement* (*involutio*, par opposition à *evolutio*).

S'il est inutile de combattre la panspermie et les idées déjà citées de Buffon sur la dissémination des germes, les moules intérieurs, la génération des infusoires et celle des autres animaux, il l'est presque autant de réfuter le système de l'emboîtement. Suivant que les idées d'ovisme ou de spermatisme ont prévalu dans la science, la première femme ou le premier homme aurait dû porter, l'une dans ses ovaires ou l'autre dans ses testicules, les germes innombrables de l'espèce humaine tout entière. Si cette opinion n'avait été, encore vers la fin du siècle dernier, soutenue par Bonnet et admise même par Haller (7), elle ne mériterait seulement pas d'être mentionnée. L'expérience ne l'aurait jamais créée, car elle est aussi contraire aux données de l'expérience qu'aux résultats de l'observation. Elle dériva donc de la philosophie, et l'on peut dire que Bonnet l'emprunta à Leibnitz. En effet, d'après Leibnitz, hors l'intervention toute-puissante du Créateur, rien ne commence, rien ne finit; dans l'ordre naturel des choses, il n'y a point de généra-

(1) *Prodrom. gener.*, p. 21. — *Hist. gener. insect.*, p. 46.
(2) *Expér. pour servir à l'hist. de la génération.*
(3) *Dissert. epist. de format. pulli in ovo.* London, 1673, p. 2.
(4) Dans Birch, t. III, p. 36.
(5) *Dissert. sistens novam conceptionis historiam*, p. 12.
(6) *Zoonomie*, t. II, p. 276.
(7) *Ouvr. cit.*, t. VIII, p. 157.

tion, de même qu'il n'y a point de mort : l'être que nous croyons voir se former sous nos yeux était seulement invisible ; quand nous disons qu'il naît, il ne fait que se développer ; tous les êtres existent et préexistent, tous datent d'une même époque, à laquelle le premier être formé contenait en soi tous les germes de son espèce emboîtés les uns dans les autres : tous les hommes actuels ont été dans leurs ancêtres jusqu'à Adam.

Tout en rejetant les hypothèses de l'évolution et de l'emboîtement, c'est-à-dire de la préexistence des êtres à un état plus ou moins parfait dans le corps de leurs parents, on peut supposer que la matière du germe soit préformée, mais que cette matière ait besoin de subir, au lieu d'un simple accroissement, une véritable élaboration pour atteindre le terme d'une organisation nouvelle. Tel est, à proprement parler, le système de l'*épigénèse*, dont les principaux fondateurs sont Needham, Wolff et Blumenbach.

Dans ce système, on admet qu'au lieu de se développer en grandissant, ou de dériver de quelqu'une des parties principales et préexistantes d'un embryon en miniature, toutes les portions des divers appareils et des divers organes se produisent, se développent d'elles-mêmes dans la matière amorphe organisable, se raccordent entre elles, et constituent enfin l'individu nouveau. Mais comme l'état actuel de la science ne permet plus de méconnaître que le germe est réellement une production de l'individu sur lequel il se développe ; que chez les animaux doués de sexes, il n'est véritablement constitué qu'après la fécondation, le système de l'épigénèse s'associe naturellement à celui de la postformation, avec lequel on l'a même quelquefois confondu, et cette association constitue, on peut le dire, la vraie théorie de la génération.

II. Le système de la *postformation du germe et de l'épigénèse* suppose donc que le germe résulte, chez l'homme, de la fusion préalable de l'élément mâle et de l'élément femelle ; que la matière organique ainsi constituée est seule propre à devenir le siége du travail de développement embryonnaire, et que ce développement lui-même, sans procéder d'une partie plutôt que d'une autre, s'exerce sur la matière organisable, de manière à les former toutes simultanément ou successivement, la diversité infinie des phénomènes étant d'ailleurs subordonnée toujours à une admirable unité de plan.

Ainsi que nous l'avons déjà vu en parlant de l'œuf et du sperme, on ne peut pas dire que tel système ou appareil embryonnaire soit produit par l'un ou par l'autre de ces éléments ; que, par exemple, le spermatozoïde forme le système nerveux et animal du nouvel être, tandis que l'élément femelle formerait son système digestif ou organique. Il y a entre l'œuf et le sperme une fusion beaucoup plus intime, et dont le caractère nous est, à vrai dire, inconnu. Mais ce que l'on voit indubitablement, c'est la création, en quelque sorte indépendante, des divers organes aux dépens du fonds commun de matière organisable qui résulte de cette union. Ces organes sont, dans le principe, tout différents de ce qu'ils seront plus tard : il en est qui, après avoir accompli certaines fonctions, disparaîtront sans retour pour faire place à d'autres, et amener le germe, de progrès en progrès, à l'état d'embryon, de fœtus, d'animal parfait.

Wolff (1) fut, à proprement parler, le créateur de l'épigénèse, en affirmant qu'il

(1) *Theoria generationis*. Halle, 1774, p. 98 et suiv.

voyait les organes se créer, les vaisseaux se former, les parties solides enfin naître petit à petit du liquide organisable. Les travaux de tous les embryologistes de notre époque confirmèrent et étendirent considérablement ces observations, que Serres (1) s'est efforcé de rapprocher pour établir la vérité du système de l'épigénèse et l'opposer à celui des préexistences. Seulement, il importe peu à la valeur de ce système que la direction du développement embryonnaire soit centripète, comme Serres l'a soutenu, au lieu d'être centrifuge; et nous avons vu qu'elle n'est en réalité ni l'un ni l'autre.

Quant à l'*essence de la génération*, elle nous est sans doute inconnue, mais inconnue au même titre que celle de la nutrition, dont la reproduction partielle et la procréation ne sont, pour ainsi dire, que des dérivations ou des modes plus élevés. La force qui reproduit un être organisé n'est pas plus mystérieuse que celle qui entretient sa vie. Elle détermine, à elle seule et dans le même but, les phénomènes nutritifs et les phénomènes générateurs. La *force essentielle* de Wolff (2) n'explique rien de plus.

Faut-il, avec le même physiologiste (3), regarder la fleur comme une feuille modifiée, incomplète, dont la formation se rattache au défaut de sucs qui cessent d'affluer à l'extrémité terminale de la plante, et le pollen comme une substance nutritive portée au plus haut point de perfection, arrivant du dehors à la partie susceptible de végéter et déterminant en elle le retour de la végétation, de même que le sol dans lequel est déposé un bourgeon détermine la végétation de celui-ci? Faut-il, toujours avec Wolff, poursuivre l'analogie et voir dans l'ovaire le point où la végétation s'arrête, une sorte de bourgeon terminal dont le développement a été suspendu, et qui n'attend que l'influence de la fécondation pour recommencer à croître de nouveau, lorsque le sperme y aura remis la nutrition en vigueur?

Mais, au lieu d'être des produits incomplets, les éléments reproducteurs paraissent être au contraire des formations d'un ordre plus élevé; au lieu d'être le terme de la végétation des individus sur lesquels ils se développent, ils sont plutôt le point de départ d'une végétation nouvelle, plus active, capables non-seulement de vivre, mais de s'individualiser et de reproduire à eux seuls un nouveau tout, organisé et vivant. C'est bien moins des différences que des analogies qu'il faut voir entre le bourgeon et la fleur. Si le bourgeon suffit à la monogénie, il n'en est pas de même de la reproduction des animaux qui ont des sexes; chez ces derniers, le bourgeon pourrait reproduire l'individu, comme il arrive chez les végétaux, mais non pas l'espèce. La fécondation a pour but la formation d'une sorte de bourgeon commun, qui participe des qualités du mâle et de la femelle; car le mâle et la femelle, par les éléments qu'ils fournissent, prennent une part égale à sa constitution.

La génération est donc une continuation, un excès de la nutrition, mais en un sens déterminé, c'est-à-dire dirigé en vue de l'accroissement de l'espèce et non plus de l'individu.

La puissance qu'ont les animaux de se compléter, en reproduisant les organes qu'ils ont perdus, marque l'intermédiaire entre la faculté de conserver leur vie et

(1) *Précis d'anat. transcend.* Paris, 1842.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 98.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 55, 81, 135.

celle de se reproduire en totalité. La vie, entretenue dans l'individu par la nutrition, semble se continuer dans l'espèce par un dérivé ou un mode particulier de la nutrition elle-même. En un mot, la reproduction est à l'espèce ce que la nutrition est à l'individu (1).

Tandis que cet excès de nutrition en un sens déterminé, dont le but est la rénovation de l'individu, peut s'opérer sur la plus grande partie de la surface du corps, chez les êtres inférieurs, il se localise dans quelque point déterminé chez les animaux d'un rang plus élevé et d'une organisation moins imparfaite. Enfin, chez les êtres supérieurs, les éléments propres à assurer la continuation de la vie de l'espèce, de concert avec l'indépendance du germe, ne sont pas seulement localisés, ils sont encore portés par deux individus distincts, sont doués probablement de propriétés différentes, et demandent à être joints pour se compléter. Le but principal de cette division du travail reproducteur, dans la génération par le concours des sexes, paraît être, comme le fait remarquer J. Müller (2), d'élever le produit au-dessus des limites de l'individu, pour le faire arriver à celles du genre et de l'espèce.

DE L'ACCOUCHEMENT (*).

La viabilité, ou l'aptitude à vivre de la vie indépendante, n'est acquise par le fœtus humain qu'au septième mois révolu de la gestation. Quelques faits, néanmoins, semblent prouver que, né même avant cette époque, l'enfant peut croître et se développer; mais ces cas sont tellement rares, qu'en les supposant tous bien constatés, on ne pourrait rien en conclure en présence des cas si nombreux dans lesquels la terminaison de la grossesse avant le deux cent dixième jour a été accompagnée ou suivie plus ou moins promptement de la mort du produit. Avant cette dernière époque, l'expulsion de l'enfant est un fait pathologique, dont le médecin doit étudier avec le plus grand soin les causes et les fâcheux effets, mais que le physiologiste ne saurait confondre avec l'acte spontané par lequel le fœtus, suffisamment développé, est séparé de l'organisme maternel. Cette confusion, on peut l'éviter en définissant l'accouchement « l'expulsion d'un *enfant viable* à travers les parties naturelles de la génération » ; laissant ainsi à la pathologie puerpérale le soin de s'occuper de l'avortement, ou de l'expulsion du fœtus avant le septième mois.

C'est ordinairement à la fin du neuvième mois de la grossesse que s'opère l'expulsion du fœtus viable. Toutefois il n'est pas rare de voir l'enfant naître beaucoup plus tôt ; celui-ci semble également pouvoir prolonger son séjour dans la matrice au delà du trois centième jour. Ces variations dans le terme de la grossesse ont fait donner à l'accouchement des dénominations différentes : on le nomme accouchement *à terme*, *légitime* ou *tempestif*, quand il s'opère huit jours avant ou huit jours après le neuvième mois révolu ; il s'appelle *prématuré* ou *précoce*, quand il arrive dans le huitième ou le commencement du neuvième ; enfin, il est dit *tardif* ou *retardé*, lorsqu'il ne s'accomplit qu'à neuf mois et demi, dix mois ou plus.

Si des faits très nombreux ne permettent pas de contester les accouchements

(1) LALLEMAND, *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XV, p. 307.
(2) *Manuel de physiol.*, t. II, p. 638, trad. de Jourdan.

(*) Plus loin, à propos des âges, nous traiterons des particularités les plus importantes relatives à l'enfant immédiatement après la parturition.

prématurés, ceux à l'aide desquels on cherche à établir la possibilité des naissances tardives sont beaucoup plus rares, et surtout beaucoup moins à l'abri de toute objection. Il en est pourtant quelques-uns qui paraissent présenter, en faveur de ces naissances, les éléments propres à commander la conviction. Au premier rang, il faut placer celui qui a été communiqué par Desormeaux (*). La naissance ne se serait opérée que du 300e au 305e jour, cinq fois sur 114 cas, d'après Merriman (1). Velpeau (2) cite un accouchement au 310e jour, et Riecke (3) dit en avoir observé un au bout de onze mois, etc. (**). Du reste, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'expliquer ces anomalies, et la cause des naissances tardives est encore à trouver.

Quant aux accouchements prématurés, fréquemment aussi leur cause nous échappe. Certaines femmes, par exemple, ont le triste privilége d'accoucher avant terme, et le transmettent même à leurs filles, sans que, chez aucune d'elles, rien ne puisse expliquer cette singularité. Toutefois ce phénomène s'observe ordinairement lorsque la mère n'a pas acquis toute sa force génératrice : ainsi les femmes mariées trop jeunes accouchent assez souvent prématurément dans leur première grossesse, tandis qu'elles arrivent à terme dans leurs grossesses subséquentes.

De l'accouchement à terme.

On a longtemps et vivement débattu la question de savoir si le fœtus est le promoteur des contractions utérines, ou si l'on doit chercher dans les modifications successives que la grossesse imprime à l'utérus la cause déterminante du travail.

Les conditions particulières que présente cet organe à la fin du neuvième mois peuvent servir à expliquer les contractions dont il devient alors le siége. Contrairement, en effet, à l'opinion adoptée encore par beaucoup d'accoucheurs, Stolz a démontré que c'est seulement dans la dernière quinzaine que s'opère la dilatation de l'orifice interne. Alors seulement la partie supérieure du col commence à s'évaser, et, cet évasement gagnant bientôt jusqu'à l'orifice externe, toute la longueur du col utérin ne forme plus avec le corps qu'une seule et même cavité.

[redacted]

laires du col peut être considéré, dans l'excrétion qui va s'accomplir, comme jouant le même rôle que les sphincters du rectum ou de la vessie : de même, en effet, que l'arrivée des matières fécales à la partie inférieure de l'intestin irrite celui-ci, sollicite la contraction des parois rectales, fait naître, en un mot, le besoin de la défécation, de même le contact inaccoutumé de l'œuf avec les fibres du col produit sur elles une excitation qui détermine bientôt la contraction des parois du réservoir utérin.

Dans ces derniers temps, on a cherché à établir que la cause déterminante du travail se trouvait dans l'ovaire ; que l'accouchement normal correspondait toujours à la dixième époque menstruelle, et que, par une action réflexe, la congestion ovarienne provoquait d'abord une simple irritation, puis enfin de véritables contractions dans les parois utérines. On ne peut admettre cette hypothèse : en supposant démontré que l'ovaire offre encore pendant la grossesse les modifications menstruelles de l'état de vacuité, il n'en resterait pas moins à expliquer pourquoi c'est à la dixième, et non à la huitième ou à la onzième époque, que l'influence de l'action réflexe, partie de l'ovaire, est assez énergique pour solliciter dans l'utérus les contractions de l'accouchement.

Il suffit d'avoir porté une seule fois la main dans la matrice pour être convaincu que la contraction des parois utérines a la plus grande part dans l'expulsion du fœtus. On ne saurait admettre aujourd'hui que, semblable au poulet qui brise sa coquille à coups de bec, l'enfant déchire l'enveloppe membraneuse qui l'environne, et, par ses efforts répétés, dilate peu à peu les ouvertures et le canal qui doivent lui livrer passage. Les faits assez nombreux dans lesquels des enfants ont été expulsés plusieurs heures après le décès de la mère ne prouvent nullement qu'ils aient eux-mêmes travaillé à leur sortie ; car on ne cite aucun exemple d'enfant né vivant dans de semblables conditions. Leur expulsion, facilitée d'ailleurs par le défaut de résistance des parois molles du bassin, s'explique suffisamment par un reste de contractilité que conservent, après la mort, les appareils de la vie organique.

Les contractions utérines seules suffiraient, à la rigueur, pour compléter l'accouchement, comme l'ont prouvé les parturitions spontanées chez les femmes dont les muscles abdominaux étaient paralysés ; mais dans l'immense majorité des cas, elles sont très efficacement secondées par la contraction simultanée des muscles qui limitent l'enceinte abdominale. Dans les derniers moments du travail surtout, la matrice semble appeler à son aide l'action de ces muscles ; et volontairement d'abord, puis instinctivement, et, pour ainsi dire, malgré elle, la femme joint aux efforts de l'utérus la contraction des muscles soumis à l'empire de la volonté. Cette action des muscles de la vie animale hâte singulièrement la terminaison du travail ; mais, comme on vient de le voir, elle n'est pas indispensable. Il ne faut pas surtout croire, avec Haller, que le resserrement de l'utérus ne sert alors qu'à soutenir le tronc du fœtus, à le tenir droit comme une tige inflexible, pendant que le diaphragme contracté pèse avec force sur le fond de la matrice, et devient, avec les autres muscles abdominaux, l'unique agent de l'expulsion. On sait aujourd'hui que, dans l'*effort*, l'action du diaphragme a surtout pour but de fixer d'une manière solide la base de la poitrine, de manière à fournir un point d'appui aux muscles qui y prennent leur insertion supérieure, et que la précédente coopération dans l'accouchement ne saurait être attribuée à cet agent musculaire.

La contraction utérine, chez la femme, s'accompagne presque toujours d'une dou-

leur plus ou moins vive, et ce fait est si général, que, confondant la cause avec l'effet, on se sert indifféremment des mots *douleur* ou *contraction* pour désigner le même phénomène. Cette douleur, triste privilége de l'espèce humaine, n'existe pas, dit-on, chez les animaux, ou du moins ne s'observe qu'à un faible degré chez nos espèces domestiques : on prétend qu'il en est ainsi chez les femmes qui vivent à l'état sauvage.

Quoi qu'il en soit, l'intensité de la douleur étant, en général, proportionnelle à la violence des contractions, il est évident que l'une et l'autre augmenteront en raison des difficultés de la parturition. Or, sous ce rapport, l'humanité est bien mal partagée. Le bassin, en effet, n'offre, chez la plupart des mammifères, qu'un canal à peu près droit, ou du moins dont les courbures sacrée et coccygienne s'effacent facilement; tandis que la longueur et la courbure invariable du sacrum donnent, à l'entrée et à la sortie du pelvis humain, une direction très différente, et force le fœtus à décrire une courbe très prononcée. Enfin le volume de la tête, beaucoup plus considérable dans l'espèce humaine, ajoute encore aux difficultés qui résultent de la disposition du canal lui-même.

La contraction utérine, comme toute contraction musculaire, s'épuiserait par un trop long exercice : aussi se prolonge-t-elle rarement au delà d'une à deux minutes ; le plus souvent même elle cesse après vingt à trente secondes, pour se reproduire après un repos qui varie depuis quelques minutes jusqu'à un quart d'heure. L'action de l'utérus est donc intermittente, et, sous ce rapport, elle est soumise à la loi qui régit toute contraction musculaire.

C'est par ces alternatives d'activité et de repos que l'utérus parvient à expulser le produit de la conception. Les efforts auxquels il se livre, et auxquels bientôt viennent se joindre ceux des muscles abdominaux, ne cessent qu'après l'expulsion complète du fœtus et de ses annexes, et constituent, dans leur ensemble, le *travail* de l'enfantement.

Quelle que soit la durée de ce travail, les auteurs, pour mettre de l'ordre dans la série des phénomènes qu'il présente, l'ont divisé en plusieurs périodes. Nous admettrons une première période, durant laquelle la nature semble préparer les voies, et qu'on a nommée *période de préparation* ou *de dilatation ;* une seconde, pendant laquelle tous les efforts utérins ont pour but de chasser à l'extérieur le fœtus et ses annexes : on la désigne sous le nom de *période d'expulsion.*

Première période. — Le travail de l'accouchement ne commence pas d'une manière brusque; et, longtemps avant le moment que les praticiens considèrent comme le début du travail, la matrice essayait ses forces et se préparait peu à peu à l'œuvre qu'elle doit accomplir.

Pendant les derniers jours, quelquefois même les dernières semaines de la grossesse, ont lieu les premières manifestations du travail. Les contractions qui s'exécutent alors passent le plus souvent inaperçues pour la femme; mais on peut facilement reconnaître leur existence en constatant la dureté plus grande du globe utérin. Ces contractions sont d'abord séparées par plusieurs heures d'intervalle, puis se rapprochent peu à peu, et commencent alors à devenir légèrement douloureuses. Elles sont le résultat, d'après Cazeaux, des modifications éprouvées par la partie supérieure du col dans la dernière quinzaine. Alors, en effet, l'anneau interne, ramolli, se laisse dilater, et se confond avec la moitié supérieure du col dans la

cavité du corps : dès lors le segment inférieur de l'œuf s'engage dans cette portion évasée, et vient se mettre en contact avec les points voisins de l'orifice externe ; de ce contact résulte une stimulation de plus en plus vive, qui, en réagissant sur le corps, doit en déterminer les contractions.

Pendant que le col se ramollit et s'efface, le vagin, les parties génitales externes et le périnée acquièrent une plus grande extensibilité ; la sécrétion muqueuse vaginale qui lubrifie toutes ces parties est notablement augmentée ; il s'écoule quelquefois, dans les derniers jours, un mucus albumineux produit dans le col, et dont l'abondance est telle que, malgré sa consistance, on a pu le prendre pour du liquide amniotique.

Les ligaments articulaires du bassin subissent eux-mêmes un ramollissement assez marqué pour donner aux os pelviens une grande mobilité, et permettre parfois, entre les surfaces articulaires, un écartement appréciable. Cet écartement ne se produit que par exception chez la femme, mais il est habituel chez certains mammifères dont le bassin est absolument trop étroit pour livrer passage au fœtus.

On voit donc que, longtemps avant le terme de la gestation, les organes subissent certaines préparations qui peuvent bien être en partie considérées comme les dernières modifications de la grossesse, mais dont quelques-unes sont les premiers effets de la cause efficiente du travail.

Enfin, le terme de la gestation est arrivé. Ces contractions faibles et éloignées, qui signalaient les dernières semaines, deviennent tout à coup plus fortes, plus rapprochées, et leur durée, leur intensité et leur fréquence augmentent à mesure que le travail est plus près de se terminer. Les douleurs qu'elles produisent suivent toutes leurs variantes, et présentent aux divers moments du travail des différences qu'on a voulu exprimer par les dénominations de *mouches*, de *douleurs préparantes*, cherchant ainsi à caractériser, tantôt le but de la contraction, tantôt la nature de la douleur produite.

Pendant cette partie du travail, le visage se colore, la chaleur augmente, la langue se dessèche ; souvent il y a des nausées, des vomissements. La femme, n'ayant pas conscience du travail qui s'opère, pleure, se désespère, devient très irritable. Si, au moment du retour de la douleur, elle parlait, elle laisse sa phrase inachevée ; si elle se promenait, elle s'arrête tout à coup pour chercher un appui.

Chez les femelles d'animaux, les contractions utérines sont caractérisées par un air d'abattement et de tristesse, par le regard dirigé vers le ventre, un état de malaise anxieux qui les porte à changer de place à chaque instant. Presque toutes, elles s'éloignent des autres animaux et même de l'homme, pour chercher le repos et se mettre à l'abri de toute attaque.

Pendant la durée de ces phénomènes, si l'on examine les organes génitaux internes, on peut constater que peu à peu le col se dilate ; qu'à travers son orifice entr'ouvert s'engage une portion plus ou moins considérable de la poche amniotique, qu'il s'écoule par le vagin des mucosités plus abondantes et mélangées parfois d'une certaine quantité de sang.

La *dilatation du col* est le premier effet de la contraction, et il suffit, pour en comprendre le mécanisme, de se rappeler que les parois de la matrice sont appliquées sur un corps ovoïde, que les fibres longitudinales sont les plus nombreuses ; qu'enfin les fibres circulaires du col peuvent seules opposer une résistance assez forte, mais qui s'affaiblit de plus en plus à mesure qu'elles s'éloi-

gnent du centre, en cédant à l'action des fibres longitudinales : si ces dernières entrent en contraction, il est évident que, ne pouvant rétrécir la cavité utérine qui se trouve remplie, toute leur action doit être employée à tirailler chacun des points du cercle de l'orifice auxquels elles viennent aboutir et à les éloigner du centre.

Cette dilatation est, du reste, plus lente chez les primipares que chez les multipares, et ses progrès sont beaucoup plus rapides à la fin que dans la première moitié du travail.

Pendant que le col se dilate, les membranes s'engagent dans son ouverture en formant du côté du vagin une tumeur plus ou moins saillante et dont la forme et les dimensions, en longueur et en largeur, varient beaucoup. Tantôt collée et aplatie sur la partie de l'enfant qui se présente, elle en est parfois séparée par une très grande quantité de liquide, et forme dans le vagin une large vessie qui, tendue pendant la contraction, devient flasque et plissée pendant l'intervalle des douleurs.

Seconde période.—Dès lors tout est préparé pour l'expulsion du fœtus, et les contractions utérines n'ont qu'un but : c'est de débarrasser l'organisme maternel du corps qui tend à lui devenir de plus en plus étranger. Le segment inférieur de l'œuf, fortement tendu pendant la contraction, finit par s'amincir, s'érailler, puis enfin se rompre. Cette rupture est immédiatement suivie de l'écoulement du liquide amniotique, écoulement dont la quantité varie suivant le volume primitif de la saillie formée par la poche des eaux, et suivant aussi la forme, le volume de la partie de l'enfant qui se présente. Dans les cas les plus ordinaires, le sommet de la tête venant s'engager dans l'orifice, bouche celui-ci assez hermétiquement pour retenir dans l'utérus la plus grande quantité des eaux ; mais, lorsqu'une autre partie de l'enfant tend à s'engager la première, son volume, son irrégularité ne s'accommodent plus aussi bien aux dimensions et à la forme du cercle utérin, et le liquide trouve une issue facile par laquelle il s'échappe presque en totalité.

En supposant le fœtus placé dans la position la plus favorable, et heureusement la plus ordinaire, le sommet de la tête vient, immédiatement après la rupture des membranes, s'engager dans l'orifice, et bientôt s'avance en le franchissant, poussé par les contractions énergiques de l'utérus aidé de celles des muscles abdominaux. La tête, dont le diamètre occipito-frontal, et quelquefois même le sous-occipito-bregmatique, est placé dans la direction d'un des diamètres obliques du bassin, descend profondément dans le vagin dont les rides transversales s'effacent. La hauteur à laquelle la tête franchit le col est loin d'être toujours la même, et le segment inférieur de la matrice étant souvent poussé par elle jusque sur le plancher du bassin, la tête ne le traverse qu'au moment de s'engager au détroit inférieur. Quoi qu'il en soit, les douleurs deviennent de plus en plus violentes ; chacune d'elles est annoncée par un frémissement général, et s'accompagne d'efforts énergiques de la mère : on les appelle alors douleurs *expultrices*, pour caractériser à la fois les efforts dont elles s'accompagnent et le but que la nature se propose. La tête, placée obliquement, exécute un mouvement de rotation par lequel l'extrémité occipitale est portée derrière la symphyse des pubis, puis un nouvel effort expulseur la force à se dégager dans le vide de l'arcade sous-pubienne. La tête, à chaque douleur, presse alors fortement sur le plancher du bassin : la compression que subit la partie inférieure du rectum détermine des envies illusoires d'aller à la selle, et si l'intestin renferme des matières fécales, les efforts

auxquels se livre la femme en provoquent l'expulsion. Après une résistance plus ou moins grande, le périnée cède enfin, se laisse distendre, amincir et proémine fortement en avant; la vulve s'entr'ouvre peu à peu, les petites lèvres s'effacent; la peau des environs est tiraillée pour aider à l'ampliation de la vulve. C'est la tête qui, énergiquement poussée par les contractions que lui transmet la tige rachidienne, tend à franchir les dernières résistances du canal pelvien, et qui est la cause de l'énorme distension que subissent toutes ces parties. On la voit, en effet, exécutant un mouvement de déflexion autour du point sous-occipital placé au-dessous de la symphyse pubienne, se montrer d'abord à travers la vulve entr'ouverte, puis cédant, après la contraction, à la résistance périnéale, remonter dans l'excavation. Quand, enfin, ces efforts répétés ont vaincu la résistance des parties, celles-ci restent largement écartées, les bosses pariétales apparaissent au niveau des tubérosités de l'ischion, jusqu'à ce qu'enfin une douleur atroce, qui arrache des cris à la femme, complète le mouvement d'extension, en faisant successivement apparaître, au-devant de la commissure antérieure du périnée, le bregma, la fontanelle antérieure, le front et toute la face. Dans cette dernière partie du travail, on a désigné les douleurs sous le nom de *conquassantes*, mot assez barbare, mais qu'on a conservé probablement parce qu'il caractérise assez bien leur violence.

Aussitôt qu'elle est dégagée, la tête obéit à son propre poids, et retombe au-devant de l'anus, après avoir exécuté un léger mouvement de rotation. La matrice, épuisée par ces dernières contractions, semble se reposer quelques instants; mais bientôt après elle se réveille, et les épaules, placées d'abord transversalement au détroit inférieur, tournent de manière à se placer à peu près dans la direction coccy-pubienne, puis se dégagent l'une après l'autre. Après leur dégagement, le reste du tronc est facilement expulsé, en décrivant souvent sur son axe un mouvement de spirale.

Après l'expulsion du fœtus, la personne chargée de donner à la femme les soins convenables coupe le cordon ombilical et applique une ligature sur son extrémité ombilicale. Chez les mammifères supérieurs, le cordon se rompt quelquefois par la chute du petit, lorsque la femelle accouche debout; si, au contraire, elle est couchée, la rupture se fait quand la femelle se lève, ce qui a lieu presque immédiatement après le part. Le plus souvent néanmoins la mère mâche et déchire elle-même le cordon. L'hémorrhagie, à laquelle s'oppose la ligature appliquée dans l'espèce humaine, est ainsi prévenue, chez les animaux, soit par l'espèce de trituration que la mastication fait subir aux vaisseaux, soit, dans le cas de rupture spontanée, par l'espèce de torsion que subissent les artères à la suite des plaies par arrachement. On sait d'ailleurs que la grande plasticité du sang des animaux facilite singulièrement l'arrêt des hémorrhagies.

Le fœtus est quelquefois, au moment de son expulsion, entouré de ses membranes. Ce fait, très rare chez la femme dans les accouchements à terme, se présente plus souvent chez quelques animaux. La femelle, en général, déchire et mange ces enveloppes; parfois pourtant, soit manque d'instinct, soit par quelque obstacle mécanique, elle laisse périr ses petits dans leurs membranes intactes (*).

L'expulsion du placenta et de ses annexes suit de près la sortie du fœtus. Le plus souvent, dans l'espèce humaine, au bout de dix minutes, un quart d'heure, une heure au plus, cet organe, détaché par la rétraction graduelle des parois de l'utérus

(*) Les femelles des herbivores elles-mêmes ont une grande propension à manger leur arrière-faix aussitôt après son expulsion.

désempli, tombe par son propre poids et vient s'offrir à l'orifice supérieur de la matrice : de légères contractions utérines suffisent pour le pousser dans l'excavation, d'où le chassent bientôt les contractions des parois vaginales aidées de quelques efforts volontaires des muscles abdominaux.

Dans les animaux, la délivrance offre diverses particularités intéressantes. Chez la jument, c'est par des houppes vasculaires multipliées, mais très fines, qui vont du placenta s'insérer dans des enfoncements correspondants de l'utérus, que le premier adhère au second, et ces adhérences se rompent assez facilement. Dans les ruminants (la brebis, la vache, la chèvre, etc.), l'union des nombreux placentas se faisant avec l'utérus au moyen de cotylédons engaînés dans ceux de ce viscère, les adhérences sont solides et résistantes ; aussi l'expulsion de l'arrière-faix est le plus souvent longtemps à s'opérer : il est assez commun de le voir retenu pendant quatre, six et même huit jours. Chez les femelles multipares, chaque délivre suit la sortie du petit auquel il appartient : cela doit être ainsi, puisque les contractions de l'utérus qui expulsent ceux qui étaient placés au-dessus poussent nécessairement le placenta et les membranes du petit placé en avant ; mais les délivres appartenant aux derniers-nés, n'étant pas chassés par d'autres fœtus, peuvent à la rigueur séjourner plus longtemps dans la cavité utérine.

La séparation du placenta est toujours accompagnée, chez la femme, d'un écoulement de sang plus ou moins abondant, et qui, parfois, est assez considérable pour constituer une perte dangereuse. Cet accident est excessivement rare chez les animaux, et ne s'observe guère qu'après l'extraction violente du placenta ou après l'avortement ; d'ailleurs très modérée, même dans ces cas, l'hémorrhagie se suspend le plus ordinairement d'elle-même. « Je ne connais pas, dit Rainard (1), d'exemple de mort à la suite d'une pareille hémorrhagie. »

L'accouchement peut, chez la femme, être rendu difficile et même impossible par des obstacles mécaniques qui, dépendant d'un rétrécissement ou de l'obstruction des voies pelviennes, et parfois du volume excessif ou de la position défavorable du fœtus, s'opposent à la sortie de ce dernier. Des difficultés semblables peuvent aussi se présenter, quoique plus rarement, dans le part des animaux, et exigent, comme chez la femme, l'intervention intelligente de l'homme de l'art. Mais, n'ayant pour but d'envisager le part qu'au point de vue physiologique, nous devons renvoyer le lecteur aux traités spéciaux pour tout ce qui se rattache à la parturition laborieuse.

DE L'ALLAITEMENT.

Le jeune enfant, dont la nutrition (intra-utérine) offrait une solidarité si grande avec celle de sa mère, continue, pendant un certain temps, à emprunter les éléments de son alimentation à cette dernière. Le *lait*, c'est-à-dire le produit de la sécrétion mammaire, est la base essentielle, sinon exclusive, du mouvement nutritif si énergique qui s'opère dans les premiers mois de la vie. Cette sécrétion, qui avait déjà commencé pendant la grossesse (*), prend un grand accroissement durant les premiers jours qui suivent la naissance, pour se prolonger jusqu'à l'époque où les

(1) *Traité complet de la parturition des principales femelles domestiques*, t. II.

(*) Quoique la sécrétion du lait semble propre à la femme grosse, elle aurait été vue quelquefois, dit-on, sur de jeunes vierges et même chez l'homme.

organes de la mastication de l'enfant auront à peu près acquis le développement nécessaire à la digestion des aliments ordinaires : elle ne cesse le plus souvent que dans le courant de la seconde année.

Le lait est un liquide d'un blanc opalin, plus ou moins opaque; sa saveur est douce, sucrée et fort agréable. Il réunit, dans sa composition, quatre ordres de substances : 1° des matières azotées, dissoutes (*caséine* et *albumine*) ; 2° des principes gras, tenus en suspension ; 3° une matière sucrée particulière ; 4° enfin, une quantité variable de sels inorganiques. Les rapports de ces divers éléments étant très variables dans les différents laits, il en résulte que les caractères tirés de la densité sont très fugaces : la pesanteur spécifique du lait varie, en effet, non-seulement chez les divers animaux, mais encore chez ceux de la même espèce, suivant une foule de conditions qui dépendent de l'alimentation, de l'état de santé, etc. Toutefois, la densité du lait de femme est généralement plus considérable que celle de l'eau : A. Becquerel et Vernois (1) donnent pour cette densité le nombre 1,032.

Si l'on soumet le lait à l'examen microscopique, sa constitution devient immédiatement manifeste : on reconnaît qu'il est formé d'un liquide incolore et parfaitement transparent, dans lequel nagent des corpuscules sphériques plus ou moins identiques entre eux. Leeuwenhoek (2), qui, le premier, signala leur existence, ne les considéra pas tous comme étant de la même nature ; les corpuscules de beurre étaient, d'après lui, ceux-là seulement qui venaient, par le repos, nager à la surface du liquide. Raspail (3) admet deux espèces de globules dans le lait : les uns, butyreux, d'une pesanteur spécifique plus faible que celle du liquide ; les autres, de nature albumineuse, plus denses que ce dernier. Mais Donné (4) a démontré que le lait ne renferme que des globes butyreux : la seule différence que ces derniers présentent tient à des variations assez notables dans leur volume respectif. Nous ne ferons que mentionner, en passant, la singulière erreur de Turpin (5), qui, confondant les globules laiteux avec les sporules du *Penicillium glaucum* que l'on trouve dans le lait altéré, admet que les corpuscules spéciaux du lait sont susceptibles de germination et de croissance comme un végétal cellulaire.

Aujourd'hui, grâce aux recherches des micrographes, et en particulier à celles de Donné, la nature des globules laiteux est parfaitement déterminée. Ils apparaissent au microscope comme des particules sphériques à bords nettement tranchés, transparents et réfractant fortement la lumière ; ils diffèrent entre eux par leur volume, qui varie, d'après Donné, depuis 1,300e de millimètre jusqu'à 1,120e, et même au delà pour les plus gros Suivant Henle (6), ces derniers sont jaunâtres et leurs bords obscurs par réfraction ; par réflexion, ceux-ci offrent un éclat nacré. On peut, d'après les expériences de Donné (7), séparer, par voie de filtration, les plus gros globules laiteux des plus petits, qui demeurent pendant longtemps suspendus dans la partie séreuse du lait.

Une question intéressante se présente relativement à la nature des globules du lait : il s'agit de savoir s'ils représentent simplement des particules grasses émul-

(1) *Du lait chez la femme dans l'état de santé et de maladie.* Paris, 1853.
(2) *Opera omnia.* Leyde, 1722, t. II, p. 12.
(3) *Chimie organ.*, p. 315.
(4) *Cours de microscopie.* Paris, 1844.
(5) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, déc. 1837.
(6) *Anatomie générale*, t. II, p. 521, trad. de Jourdan.
(7) *Ouvr. cit.*

sionnées dans un liquide, ou bien s'ils sont formés de deux éléments distincts, d'une substance butyreuse et d'une enveloppe spéciale.

Des expériences nombreuses tendent à démontrer que cette dernière opinion est la seule vraie. En effet, si les globules gras flottants dans le lait étaient complétement libres, on arriverait facilement, en agitant ce liquide avec une forte proportion d'éther, à les dissoudre et à séparer du sérum tous les principes gras qu'il contient : or, cela n'a point lieu, et, par cette réaction, le lait conserve son opacité tout entière. Au contraire, si préalablement on ajoute au lait une certaine proportion d'acide acétique, celui-ci, jouissant de la propriété de dissoudre les enveloppes formées de matière azotée neutre, tous les globules gras se dissolvent dans l'éther avec la plus grande facilité. L'acide acétique est encore un réactif précieux, quand on l'emploie dans l'examen microscopique du lait; car, à peine en fait-on arriver quelques traces dans une gouttelette de ce dernier liquide, que l'on voit les globules laiteux, jusque-là parfaitement isolés, se réunir les uns aux autres, et ne plus former que des gouttes de matière grasse amorphes et d'un volume très variable.

Il est vrai que, dans l'opération du barattage, on voit aussi les globules du lait perdre leur forme, et des masses de substance grasse plus ou moins volumineuses s'agglomérer. Mais ce phénomène, bien qu'on ne s'en rende pas parfaitement compte, ne détruit en rien la valeur des arguments que nous avons donnés en faveur de l'existence de l'enveloppe des globules laiteux, enveloppe que l'on croit être de nature caséuse, et que rien n'autorise, d'après Ch. Robin, à considérer comme une membrane analogue à celle des cellules adipeuses proprement dites.

Si, comme l'indique Dumas (1), on mélange du lait avec une solution saturée de sulfate de soude, et que l'on jette le tout sur un filtre, les globules butyreux sont retenus à la surface de ce dernier. Les lavages étant longtemps continués avec la même dissolution, les globules ne perdent jamais une certaine proportion de matière caséuse : cette expérience vient encore à l'appui de l'opinion énoncée plus haut.

Les globules tenus en suspension dans le lait causent son opacité, qui est d'autant plus grande, sous une même épaisseur, que le nombre des globules butyreux est plus considérable : c'est en se basant sur cette observation et sur la proportionnalité existant entre les principes gras et les substances solides du lait, que Donné (2) a institué un appareil destiné à mesurer approximativement la richesse plus ou moins grande de ce liquide en principes nutritifs.

Le lait, abandonné au repos, présente un phénomène qui frappe tout d'abord l'attention ; il se partage, après un temps plus ou moins long, en deux couches distinctes : l'une, supérieure, que l'on nomme *crème;* l'autre, inférieure, qui est le lait écrémé.

La crème est essentiellement formée par les globules butyreux et par la dissolution de caséum et des principes solubles du lait interposés entre ces globules. La séparation de cette couche s'opère avec une rapidité qui varie non-seulement avec la nature du lait, mais encore avec les circonstances extérieures. D'après l'opinion d'Anderson, confirmée par Deyeux et Parmentier (3), c'est à la température de + 8° à + 10° que l'élimination de la crème se fait le plus facilement. Ce phéno-

(1) *Traité de chimie*, 1846, t. VIII, p. 627.
(2) *Cours de microscopie*, 1844, p. 387.
(3) *Traité sur le lait* (*Journal de physique*, t. XXXVII, p. 361 et 415).

mène s'accomplit néanmoins à une température supérieure ou inférieure aux précédentes : le contact de l'air semble le favoriser, et le repos est indispensable à son accomplissement.

Il est facile de se rendre compte de la production de la crème d'après sa nature même. On voit, en effet, qu'elle tient seulement à la différence de densité qui existe entre les globules laiteux et le liquide qui leur sert de véhicule. La pesanteur spécifique des premiers étant plus faible que celle du second, les globules se transportent à la surface, et s'y réunissent en grand nombre, emprisonnant dans les vides qui les séparent le liquide qui les baigne. Toutefois la différence de densité n'est pas assez grande pour que le lait, privé de sa couche crémeuse, ne retienne pas encore un grand nombre de globules butyreux.

Turpin (1), d'après sa théorie erronée sur la nature des globules du lait, avait expliqué la formation de la crème par la tendance instinctive des sporules à rechercher l'oxygène de l'air indispensable à leur existence.

La réaction chimique du lait sur les papiers colorés est un sujet sur lequel les auteurs ont donné plusieurs opinions très différentes ; les uns considérant ce liquide comme acide, les autres comme alcalin. Les expériences précises de Donné (2) prouvent que, pendant la lactation, le lait des animaux domestiques, et celui de la femme en particulier, présentent au tournesol une réaction alcaline au moment de son extraction. Cependant d'Arcet et Petit, Quévenne et plusieurs autres observateurs, citent des cas où le lait de vache aurait offert une réaction acide au moment même où il venait d'être tiré. Péligot parle aussi de l'acidité du lait d'ânesse, dans les mêmes circonstances. L'alcalinité intense du lait de femme n'a jamais été révoquée en doute.

Très peu de temps après son extraction, le lait, exposé au contact de l'air, présente une réaction acide : ce phénomène est dû à la fermentation lactique qui s'opère en lui avec la plus grande facilité. L'acidité du lait va sans cesse en croissant, jusqu'à ce qu'on le voie se coaguler ; cette coagulation dépend de la réaction de l'acide lactique, qui se forme, sur la caséine tenue en dissolution dans la partie séreuse. La présence de l'air est indispensable à la production du ferment qui détermine la formation de l'acide lactique ; aussi peut-on conserver du lait pendant un temps fort long, sans qu'il s'altère, si l'on a la précaution de le soumettre tous les jours à l'ébullition (Dumas) (3).

Le premier degré d'altération du lait, en présence de l'air, est donc le développement de l'acide lactique. Mais aussitôt que, sous l'influence de cet agent, le caséum est devenu insoluble, cette première fermentation cesse de s'opérer. Pour qu'elle continue, il faut, au moyen d'un sel alcalin, neutraliser l'acide lactique au fur et à mesure qu'il se produit.

Si on laisse, après la coagulation du caséum, les altérations consécutives du lait s'accomplir, on observe un dégagement de gaz, et la fermentation change de nature, elle devient alcoolique. C'est sur cette propriété singulière qu'est fondée la préparation de liqueurs spiritueuses au moyen du lait, chez certains peuples : les Tartares se servent à cet effet du lait de leurs juments (4). La production de l'alcool

(1) *Mém. cit.*
(2) *Cours de microscopie*, 1844, p. 351.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 629.
(4) PALLAS, *Mémoires du Muséum d'hist. nat.*, t. XVII, p. 231.

par la fermentation secondaire du lait a été étudiée par Deyeux et Parmentier (1), et, plus récemment, par Hess (2).

La manière dont le lait se comporte en présence des réactifs résulte des propriétés spéciales aux divers ordres de substances qui entrent dans sa composition. Nous ne pourrions nous appesantir sur ce sujet sans faire l'histoire de chacune d'elles. Bornons-nous à faire remarquer que le caséum ne se solidifiant pas par la chaleur, le lait peut être soumis à l'ébullition pendant un temps fort long sans se coaguler. On voit seulement la surface se couvrir de pellicules formées en partie de caséine et de matière grasse.

Le lait est coagulé par tous les acides minéraux ou organiques ; ce phénomène est dû à la solidification du caséum sous l'influence de ces acides. Souvent, lorsque le lait est porté à une température voisine de l'ébullition, la plus petite quantité d'acide qu'on y ajoute suffit pour produire la séparation du caséum, qui, dans ces circonstances; entraîne avec lui la presque totalité de la matière grasse : la partie liquide restante constitue le *petit-lait*. Une foule d'autres substances telles que l'alcool, le tannin, des infusions végétales, jouissent de la propriété de déterminer la coagulation du caséum. Un des principes les plus remarquables, sous ce rapport, est enfermé dans le liquide sécrété par la muqueuse stomacale des jeunes veaux, etc.; c'est ce qu'on nomme la *présure*. La portion active de cette matière constitue une sorte de ferment qui a été désigné sous le nom de *chymosine* ou de *pepsine*.

Les différents principes immédiats qu'on trouve dans le lait de la femme (*), de même que ceux qu'on isole du lait sécrété par les femelles de divers animaux, ont leur origine dans les aliments que ces êtres introduisent dans leur tube digestif. On comprend tout l'intérêt qui s'attache à trouver quel rapport existe entre l'alimentation et la lactation, tant sous le rapport de la quantité des différents principes que sous celui de la proportion absolue de lait sécrété dans un temps donné. Cette question a surtout préoccupé les chimistes.

Les matières salines abondantes qui se rencontrent dans le lait, et qui sont d'une nécessité absolue pour concourir à la formation de la charpente solide du jeune animal, aussi bien qu'à la constitution de ses liquides, sont évidemment empruntées aux aliments que prend la mère. Aucune difficulté ne se présente non plus au sujet du caséum, c'est-à-dire de la matière azotée dissoute du lait : celle-ci procède des substances quaternaires qui entrent pour une part si abondante dans l'alimentation, et qui ne diffèrent pas sensiblement, par leur composition chimique, de la substance caséeuse elle-même.

Quant au principe sucré du lait (*lactine* ou *lactose*), on est autorisé, par les expériences de Dumas, à en chercher l'origine dans les principes féculents ou sucrés que renferme, en plus ou moins grande abondance, la nourriture de la plupart des animaux. Cette manière de voir est appuyée sur l'analyse du lait de quelques omnivores, des chiennes, par exemple, dont le lait, suivant qu'elles sont soumises à

(1) *Mém. cit.*
(2) *Journ. de pharm.*, oct. 1837, p. 498.

(*) D'après Doyère (*Annales de l'Institut agronomique*, juin 1852), le lait de femme est composé de la manière suivante :
Beurre, 38 ; caséine, 3,4 ; *albumine*, 13 ; sucre, 70 ; sels, 1,8 ; eau, 873,8.

un régime exclusivement animal, mixte ou végétal, contient ou cesse de contenir du sucre, ou bien en renferme des proportions de plus en plus fortes (*).

Les recherches de Boussingault (1) sur l'engraissement des animaux pendant la lactation mettent en évidence un fait de la plus haute importance : c'est que les principes gras contenus dans les aliments des animaux ne servent pas seulement, par les modifications qu'ils subissent dans les appareils d'assimilation, à la formation du beurre renfermé dans le lait, mais qu'ils font encore éprouver à divers principes neutres non azotés qui les accompagnent un changement tel, que ceux-ci se transforment en substance butyreuse.

Quant à la quantité de lait sécrétée dans un temps donné, elle est aussi considérablement influencée par l'abondance et la qualité de la nourriture. Péligot (2) a démontré, dans un travail important au point de vue économique, quelle était la nature des aliments les plus convenables pour augmenter la sécrétion lactée chez les animaux domestiques. D'après Boussingault (3), lorsque des quantités équivalentes de matières nutritives sont administrées aux animaux dans le même temps, la quantité et la qualité du lait restent sensiblement les mêmes, bien que la nature des substances subisse d'importantes modifications.

Avant que l'examen chimique eût ainsi précisé la question qui nous occupe, on savait que les aliments ont sur la production et sur la nature du lait une influence notable. On avait remarqué que certaines substances introduites dans l'estomac ont la propriété de communiquer une odeur, une saveur ou des caractères spéciaux quelconques au lait : c'est ainsi que diverses plantes de la famille des crucifères ou des alliacées donnent au lait une odeur particulière; que la garance lui cède sa matière colorante, etc. On savait aussi que, lorsque des femmes sont soumises à un traitement mercuriel pendant l'allaitement, le produit de la sécrétion mammaire prend des propriétés antisyphilitiques : il est toutefois digne d'observation que, jusqu'à présent, on n'ait pu trouver dans le lait la moindre trace de mercure (4).

Quelque temps avant la parturition et dans les premiers jours de la lactation, le fluide sécrété par la mamelle offre un aspect particulier. C'est alors un liquide jaunâtre, se séparant facilement en deux portions, l'une séreuse, inférieure; l'autre grasse et visqueuse, qui surnage la précédente; celle-ci est d'un jaune foncé à sa surface. Ce premier produit de sécrétion est ce qu'on nomme le *colostrum*.

Au point de vue chimique, le colostrum se distingue facilement du lait par la présence de l'albumine qu'il tient en dissolution, et qui lui donne la propriété de se coaguler par l'ébullition. Quelques auteurs nient l'existence de la lactose dans le colostrum : cette assertion est inexacte, ou du moins ne saurait être généralisée, puisque, dans beaucoup de cas, le colostrum abandonné au contact de l'air devient acide, ce qui ne peut être expliqué que par la fermentation spéciale de la lactose qu'il contient.

Donné (5), qui a fait une étude très attentive du colostrum, y a découvert des

(*) Toutefois, ces expériences ne sont pas complétement démonstratives, vu la difficulté que l'on éprouve à mettre en évidence les dernières traces de *lactose* contenues dans le lait.

(1) BOUSSINGAULT et LEBEL, *Ann. de chimie et de physique*, t. LXXI, p. 65.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXXII, p. 451.
(3) *Mém. cit.*
(4) DUMAS, *ouvr. cit.*
(5) *Ouvr. cit.*

corpuscules parfaitement caractéristiques et n'ayant aucun analogue dans les liquides de l'économie : ces corpuscules, qui n'offrent pas la moindre ressemblance avec les globules du lait, paraissent se composer d'une multitude de grains liés entre eux ou renfermés dans une substance demi-solide et transparente. On trouve toujours, dans le colostrum, quelques granules très petits qui semblent résulter de la désagrégation des globules précédents, et qui souvent sont trois ou quatre fois plus petits, sans présenter d'ailleurs une forme sphérique ni même régulière. Dans les plus gros corpuscules, il existe très souvent, dans l'intérieur de la masse granuleuse, un globule butyreux qui paraît y être emprisonné (Donné). La manière dont les corpuscules du colostrum se comportent en présence de l'éther fait croire à Donné qu'ils sont essentiellement composés de principes gras et d'une matière muqueuse particulière.

Suivant Gueterbock, après l'addition de l'éther, on remarque quelquefois la disparition des granules de substance grasse, et il reste une membrane pellucide. Ce fait est plus que douteux, car Henle (1), et les autres micrographes qui se sont occupés du même sujet, nient l'existence d'une enveloppe membraneuse.

Ce qui nous paraît plus intéressant au point de vue physiologique, c'est la détermination précise de l'époque de la lactation à laquelle ces éléments disparaissent normalement. Donné (2) s'est occupé de cette question et l'a résolue : dans la majorité des cas, on cesse de trouver des globules de colostrum dans le lait vers le huitième jour après la parturition. La plupart des auteurs sont d'accord pour ce terme ; c'est l'opinion de Henle, Simon et Nasse. Suivant d'Outrepont (3), il n'en existe plus après le troisième jour. Cette assertion ne semble pas exacte, car Donné (4) en a trouvé chez des femmes, bien portantes, jusqu'au vingtième jour. Ce dernier observateur a également constaté l'existence des corpuscules du colostrum, à des époques déjà éloignées de l'accouchement, chez les femmes qui avaient vu leurs règles se rétablir pendant l'allaitement ou qui se trouvaient dans différents états pathologiques; aussi est-il porté à considérer la présence de ces éléments dans le lait, hors des limites normales, comme un indice de la mauvaise qualité de ce dernier relativement à l'alimentation de l'enfant. Mais il ne nous semble pas que le rôle du colostrum, dans la nutrition du jeune être, ait été jusqu'à présent étudié avec assez de soin pour qu'il soit permis d'émettre sur ce sujet une opinion bien positive.

DES AGES.

I. Dans l'impossibilité où se trouve l'esprit humain de comprendre l'éternité, il la suppose, tout indivisible qu'elle est, partagée en trois temps (le *passé*, le *présent*, l'*avenir*), dont l'un envahit sans cesse l'autre et augmente aux dépens du troisième. De même, la vie humaine se divise en trois périodes (la *jeunesse*, la *maturité*, la *vieillesse*), et la jeunesse rattache la vie au passé pour l'amener continuellement et progressivement, à travers la maturité qui est la période d'état (le présent), jusqu'à la vieillesse, qui représente l'avenir.

Mais le temps marche toujours et rien n'arrête ni ne ralentit sa course, dont la

(1) *Anat. génér.*, t. II, p. 525, trad. de Jourdan.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) Busch's *Zeitschrift*, etc., t. X, p. 1.
(4) *Ouvr. cit.*

rapidité, confondant les secondes et les années, ne marque même pas les siècles au cadran de l'éternité. La vie aussi, dans la continuité de sa marche, ne reconnaît pas les limites, les divisions que l'on peut y établir, et c'est seulement d'après les actes qui se sont manifestés, les phénomènes qui se sont offerts pendant son cours, qu'il est permis de juger de ses progrès. Toujours, en effet, des caractères analogues traduisent aux regards de l'observateur la période de la vie que l'individu parcourt, l'âge de son existence, sa jeunesse, sa maturité ou sa vieillesse. Mais ces périodes ne se signalent que par les transformations qui se sont opérées, et non par celles qui se font, comme on compte les heures seulement quand elles sont déjà écoulées. C'est, par conséquent, au milieu de chaque âge qu'il faut chercher les caractères qui lui sont propres; avant et après, ils se confondent avec les caractères de l'âge qui précède ou de celui qui va suivre.

II. Dans la vie intra-utérine se trouvent, pour ainsi dire, déjà indiqués les trois temps de la vie humaine. Le germe ne se forme que par le concours de forces qui lui sont étrangères, comme l'enfant ne vit qu'à l'aide des moyens d'existence que ses parents lui préparent et lui transmettent. L'embryon, une fois formé, croît en puisant par lui-même, dans le sol utérin où il est implanté, les éléments indispensables à son existence; il absorbe ce qui lui est nécessaire, excrète ce qui lui serait inutile ou nuisible: comme l'homme mûr vit par lui-même, cherchant dans la terre sur laquelle il est placé les matériaux qui lui sont utiles, les aliments qu'il s'identifie. L'époque de la naissance arrive : le fœtus, ayant atteint le terme de son développement intra-utérin, quitte le sein maternel où il n'y a plus place pour lui, il naît à la vie; et le vieillard, au terme de sa carrière, abandonne ce monde où sa tâche est terminée, et rentre dans l'éternité où la mort l'introduit.

III. Le fait même de la vie implique la nécessité de la mort. Le rôle que chaque être doit remplir dans l'œuvre continue de la création marque les limites de chaque âge et nécessite pour chacun d'eux des fonctions particulières ou prédominantes. L'enfance, qui continue l'espèce en unissant le passé au présent, ne doit tendre qu'à son développement propre; toutes ses forces doivent être utilisées à constituer l'individu, à former l'homme avec l'enfant. La maturité, qui doit reproduire l'espèce, a pour fin principale la génération, l'homme créant l'enfant; puis, quand cette tâche est accomplie, survient la vieillesse, qui prépare l'homme à la mort. Ainsi, se développer, s'accroître, est l'attribut de l'enfance; se conserver pour se reproduire, celui de la maturité; se consumer lentement, enfin se détruire, est le propre de la vieillesse (*).

IV. Chaque fonction suppose un organe destiné à l'accomplir : à chaque âge, il y aura un organe ou une série d'organes prédominants. Cette conséquence, qu'on peut établir *à priori*, résulte de l'observation des modifications ou des transformations organiques propres à chaque âge. Pendant l'enfance, tout ce qui doit nourrir l'individu, servir à son développement, possède une suractivité vitale incontestable; pendant la maturité, les organes génitaux, qui n'existaient d'abord pour ainsi dire qu'en germes, se développent et atteignent leur summum d'accrois-

(*) Comme le fait observer BURDACH (*Physiol.*, trad. franç., t. V, p. 336), on peut retarder la limite extrême de la vie, prolonger l'existence dans certaines espèces végétales, en retardant les phénomènes propres à chaque âge : ainsi l'*Agave americana*, qui, dans les pays chauds, fructifie à huit ans, après quoi il meurt, vit cinquante à cent ans dans nos serres, parce qu'il n'y fleurit qu'après ce long terme.

sement et d'énergie; dans la vieillesse, la plupart des organes sécréteurs prédominent, sinon d'une manière absolue, au moins relative, par la diminution d'énergie des fonctions absorbantes. La vie, abstractivement considérée, la force vitale emploie successivement les instruments que le corps met à sa disposition, pour former l'individu et pour continuer l'espèce; puis, quand ces instruments, altérés par un exercice prolongé, ne peuvent plus servir, la vie elle-même les fait disparaître. La vie use le corps, et c'est ainsi que la mort survient non passivement, comme une borne à la vie, mais nécessairement, activement, comme le résultat de la vie elle-même. De là vient que l'homme meurt, mais que l'espèce humaine ne meurt pas; une génération disparaît, mais une autre lui succède; les corps s'usent, la vie persiste et se continue dans l'éternité.

V. Il faut, pour qu'une fonction s'exécute, qu'elle réponde à un besoin, et le désir de satisfaire ce besoin inspire des idées qui s'y rapportent Ainsi, à chaque âge, des besoins nouveaux se manifestent et des idées nouvelles surgissent dans notre esprit. Si l'on pouvait lire les pensées d'un enfant, nul doute qu'on ne les trouvât surtout relatives aux fonctions de nutrition. Chez l'adulte, on voit constamment, et dans toutes les espèces animales, se manifester une tension des facultés vers le but essentiel qui s'offre à lui, la reproduction de l'espèce. Les vieillards jouissent d'une faculté de généralisation plus grande : près de rentrer dans l'infini, leur esprit en conçoit mieux l'idée ; pour eux, plus de désirs nouveaux à combattre, plus de passions auxquelles on doit résister et dont il faut subir la loi. A eux les joies du souvenir : le présent les touche peu, l'avenir ne leur est pas ouvert, mais le passé luit encore dans leur esprit, et, de même que leurs yeux devenus presbytes ne sont plus propres qu'à voir les objets éloignés, de même leur esprit presbyte aussi leur rappelle le bonheur passé.

VI. Les affections se modifient également suivant les âges, et viennent encore prouver que, pour le cœur, comme pour l'esprit et le corps, la loi des âges est absolue et inévitable. L'enfant ne sait pas encore aimer, il s'attache au sein qui le nourrit, à la main qui le guide; mais cet attachement, qui n'est pas de l'affection, qui n'est que l'expression d'une tendance primordiale, naturelle, n'est même pas de la reconnaissance, c'est le résultat du besoin d'un appui, d'un guide, c'est un hommage que sa faiblesse rend à la force qui le protége. Aussi l'enfant ne s'attache-t-il qu'à ceux qui sont plus âgés ou plus forts que lui-même; envers les autres êtres il est indifférent, parfois même cruel : il maltraite, par exemple, les animaux dont il n'a pas à craindre les attaques ; il rit de la douleur d'autrui, quoiqu'il connaisse bien lui-même la douleur ; aussi a-t-on dit de cet âge qu'il est sans pitié.

La virilité développe le besoin d'aimer : à l'homme il faut une compagne, un amour pour son amour. Il n'est pas encore apte à remplir la nouvelle fonction qui lui est assignée que déjà un sentiment jusqu'alors inconnu se développe en lui ; il ne sait pas encore comment il aime, mais il aime, et ce besoin est tellement expansif, qu'il ne se fixe pas sur une seule personne, sur un seul objet, il se répand en flots de tendresse sur la nature entière et s'égare souvent dans le vague de l'infini. En se circonscrivant plus tard dans le cercle de la famille, ce sentiment reste toujours le même; c'est encore le besoin d'aimer qui inspire aux époux la tendresse réciproque qu'ils ont l'un pour l'autre, la tendresse collective qu'ils ont pour leurs enfants.

Les progrès de l'âge ne refroidissent pas moins le cœur qu'ils n'affaiblissent le

corps. En général, le vieillard ne sait plus aimer. Il s'attache avec bienveillance aux êtres jeunes qui l'entourent, mais ordinairement avec le désir de dominer ou avec l'espoir d'en recevoir des services. Il veut être respecté, adulé, servi, il ne cherche plus à être aimé. Semblable à l'enfant, il rapporte tout à lui-même; à lui il faut également un appui, mais que cet appui lui vienne de la tendresse affectueuse de ses enfants, de la soumission respectueuse de ses serviteurs ou de l'obéissance aveugle des animaux qu'il élève, peu lui importe le plus souvent; insensible, il ne voit que le résultat, et se soucie peu de remonter jusqu'à la cause. Cependant, lorsque les sentiments de l'affection sont anciens chez lui, quand les personnes qu'il aimait ont vieilli avec lui, et que l'amour est resté chez lui une habitude, il peut continuer à aimer : comme on voit son esprit, oublieux des faits récents, conserver le souvenir du passé, de même son cœur peut battre encore d'un amour rétrospectif.

VII. Les trois âges de l'homme attestent leur cours par des manifestations particulières, physiques, intellectuelles ou affectives. Seulement, comme le genre humain comprend, sinon plusieurs espèces, du moins une foule d'individualités distinctes, les caractères propres à chaque âge ne se manifestent pas à la même époque chez tous les hommes. La race, les influences climatériques, les tempéraments, les conditions hygiéniques ont une influence incontestable, soit pour hâter, soit pour retarder la marche de la vie. Mais, s'il est vrai que le but de la vie soit le même chez tous les individus, s'il est vrai que la fin, vers laquelle chaque âge doit tendre, soit la même pour tous, il doit y avoir un rapport constant entre la durée totale de l'existence et la durée partielle de chaque âge, entre la vie et ses diverses périodes, et c'est en effet ce qu'on observe. Ainsi, dans la menstruation, se trouve un indice certain de l'adolescence, et elle survient plus tôt dans certains pays, sous certaines conditions, que dans d'autres; mais elle dure d'autant moins longtemps qu'elle apparaît plus tôt, et, aux îles Philippines, par exemple, les femmes, nubiles dès l'âge de dix ans, sont flétries dès l'âge de dix-huit ans (1). Il doit donc être convenable, pour fixer la limite de chaque âge, d'avoir égard aux différences de races, de pays, d'habitudes, d'éducation, etc. C'est en grande partie pour avoir négligé ces considérations que les auteurs ont établi des délimitations si variées. Cependant, afin de poser des termes fixes, on a eu recours à certains artifices plus ou moins ingénieux, et qui, partant des principes que nous venons d'exposer, n'arrivent à des résultats significatifs qu'en torturant les chiffres sur lesquels on opère.

1° Il est un fait constant, c'est que la durée de la vie embryonnaire est la même dans tous les climats et pour toutes les races de l'espèce humaine (2). Butte (3) et Kastner (4) ont les premiers posé en principe qu'il fallait en faire le commun diviseur des âges. Burdach (5), considérant chaque âge comme l'élévation à une plus haute puissance de celui qui précède, prenant aussi la vie embryonnaire comme point de départ, arrive aux conclusions suivantes: La vie embryonnaire renferme 40 semaines, c'est-à-dire 10 fois le type quadriseptimanaire, cet élément gé-

(1) Zimmermann, *Taschenbuch der Reisen*, t. XIV, p. 229.
(2) Humboldt, *Reise in die Æquinoctialgegenden*, t. II, p. 199.
(3) *Die Biotomie des Menschen, oder die Wissenschaft der Naturentheilungen des Lebens*, p. 424.
(4) *Archiv für die gesammte Naturlehre*, t. XI, p. 118.
(5) *Traité de physiologie*, t. V, p. 522, trad. de Jourdan.

néral dans l'organisme du temps. Le second âge doit représenter le même type à une puissance supérieure; et, en effet, l'enfance, limitée par la deuxième dentition, s'étend jusqu'à 400 semaines, ou le nombre 10 au carré multiplié par le type quadriseptimanaire : $10^2 \times 4 = 400$. Ce second nombre devient l'unité des autres âges de la vie, et le troisième âge renferme le même terme multiplié par 2, ou $2 \times 10^2 \times 4 = 800$ semaines; il conduit ainsi jusqu'à la fin de la vingt-troisième année, qui est caractérisée par l'achèvement de l'accroissement et l'acquisition de la maturité sexuelle. D'après la même progression, le quatrième âge serait composé de 1200 semaines, ou $3 \times 10^2 \times 4$, et s'étendrait par conséquent jusqu'à la quarante-septième année, où seraient placées les bornes de l'activité créatrice. La vieillesse, à son tour, durerait 1600 semaines, $4 \times 10^2 \times 4$, et placerait les limites de la vie vers la trentième semaine de la *soixante et dix-septième années* (*). — En résumé, la proportion de la vie embryonnaire est à l'enfance comme 1 : 10, à la jeunesse comme 1 : 20, à l'âge moyen comme 1 : 30, au grand âge comme 1 : 40. De cette manière, la proportion arithmétique des âges a un caractère véritablement organique, et s'accorde aussi bien avec l'expérience qu'avec l'idée (1).

2° Butte (2) se fondait sur un principe abstrait de la divisibilité de la vie en trois, d'après son essence, et il établissait que la vie contient les neuf mois de la vie embryonnaire, qui se multiplient en autant de degrés qu'en donne le nombre $3^2 = 9$, et que chaque degré était formé aussi de $3^2 = 9$ années. En d'autres termes, la vie serait composée de 9 degrés de 9 années : deux degrés pour le premier âge, de la naissance à 18 ans; cinq pour la maturité, de 18 à 63 ans; enfin encore deux degrés pour la vieillesse, de 63 à 81 ans.

3° L'enfance, étant prise comme unité avec sa durée de sept années, a servi à diviser la vie en dix périodes (*Solon*); en douze (*Livres sacrés des Étrusques*), ou en quinze (*Daignan*). Hippocrate, Stésias (3), admettaient aussi la périodicité septennale. Mais ces périodes sont arbitrairement établies et ne répondent pas à des phénomènes particuliers qui se manifesteraient dans l'économie humaine.

4° Enfin on a voulu attribuer une égale durée à tous les âges de la vie, et diviser l'existence, non plus d'après un terme fixe émanant de la vie embryonnaire ou de l'enfance, mais d'après des nombres convenus, en maintenant la durée de chaque

(*) Suivant ARISTOTE (*a*) et BUFFON (*b*), la durée totale de la vie peut se mesurer par celle du temps de l'accroissement. « Une seule chose manque à Buffon, dit FLOURENS (*c*), c'est d'avoir connu le signe certain qui marque le terme de l'accroissement... Je trouve ce signe dans la réunion des os à leurs épiphyses. » Or, il s'agit de savoir combien de fois la durée de l'accroissement se trouve comprise dans la durée de la vie. Buffon assure que chaque animal vit à peu près six ou sept fois autant de temps qu'il en met à croître; le rapport réel serait 5, selon Flourens : « L'homme, ajoute cet observateur, est 20 ans à croître, et il vit cinq fois 20 ans, c'est-à-dire 100 ans; le chameau est 8 ans à croître, et il vit cinq fois 8 ans, c'est-à-dire 40 ans; le cheval est 5 ans à croître, et il vit cinq fois 5 ans, c'est-à-dire 25 ans, et ainsi des autres. » Du reste, tous les phénomènes de la vie tiennent les uns aux autres par une chaine de rapports suivis, comme le fait encore observer Flourens : la durée de la vie est donnée par la durée de l'accroissement; la durée de l'accroissement est donnée par la durée de la gestation; la durée de la gestation, par la grandeur de la taille, etc. Plus l'animal est grand, plus la gestation se prolonge : la gestation du lapin est de 30 jours; celle de l'homme est de 9 mois; celle de l'éléphant est d'environ 20 mois, etc.

(*a*) *Hist. des animaux*, liv. VI, chap. XXIX.
(*b*) *OEuvres de Buffon*, t. II, p. 74, édit. annotée par FLOURENS.
(*c*) *De la longévité humaine*, etc. Paris, 1856, 3e édit., p. 85.

(1) BURDACH, *ouvr. cit.*, t. V, p. 521.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 21.
(3) CENSORINI *liber de die natali*, p. 65.

âge, mais en variant le nombre des périodes de la vie. Daignan compte 15 âges de sept ans; Linné en énumère 12; Mende (1) en admet 6; Varron en propose 5 de quinze années; Philites (2), 4 de dix-huit années; Pythagore, 4 de vingt; Schmidt (3), 3 de vingt-cinq; et Virey (4), 3 de trente ans. Virey partait de ce principe, que, dans tout ce qui est fini, on doit distinguer un commencement, un milieu et une fin.

5° Dans la division de la vie, ayant égard à son double but individuel et générique, nous admettrons les trois âges que nous avons indiqués : la *jeunesse*, la *maturité* et la *vieillesse*. Mais les changements, qui caractérisent chacun d'eux, ne s'opérant pas brusquement avec une précision mathémathique, il y aura nécessité de subdiviser chaque âge en deux, et par conséquent de reconnaître : 1° l'enfance et la jeunesse; 2° l'adolescence et la maturité; 3° la vieillesse et la décrépitude.

De l'enfance.

Naissance. — Quand le fœtus a acquis dans le sein de sa mère le développement fixé par les lois de la nature, il naît. Le passage de la vie intra-utérine à la vie extra-utérine, ce moment auquel on fait remonter la vie proprement dite, s'accompagne de changements profonds et multiples dans l'organisme. Toutefois, quelque rapides que soient ces changements, on s'est appliqué à retrouver là encore le caractère de la marche uniforme, régulière, progressive que la nature imprime à toutes ses œuvres; et, dans le but de prouver que la vie fœtale et la vie extra-utérine ne devaient pas différer d'abord par leur essence, d'une manière très profonde, on a cité des exemples dans lesquels la durée de l'une aurait été augmentée ou diminuée aux dépens de la durée de l'autre, soit naturellement, soit artificiellement. D'après Merriman (5), sur soixante-trois naissances, trois ont eu lieu dans la trente-septième semaine ; Fodéré (6) parle d'une femme qui accouchait toujours au septième mois d'un enfant viable, et les acoucheurs de nos jours n'hésitent pas à provoquer l'accouchement prématuré quand des circonstances particulières l'exigent. La naissance ne se serait opérée que du trois cent au trois cent cinquième jour, cinq fois sur cent quatorze cas, d'après Merriman (7); Velpeau (8) cite un accouchement au trois cent dixième jour, et Riecke (9) en a observé un au bout de onze mois. Enfin Schmidt parle d'une femme qui fut prise de douleurs d'accouchement à l'époque légitime; elle mourut deux ans après, portant dans l'abdomen un enfant qui, extrait par l'opération césarienne, vécut et respira pendant deux heures! Dans ces cas, dit-on, le développement continuerait à s'opérer dans le corps de la mère, et les enfants seraient, au moment de la naissance, plus forts, plus pesants, avec un système musculaire plus développé, des fontanelles plus petites, les sutures ossifiées; le placenta et le cordon ombilical seraient flétris (10), etc.

(1) *Handbuch der gerichtlichen Medicin*, t. II, p. 221.
(2) *Encyclop. Wörterbuch der medicinischen Wissenschaften*, t. II, p. 32.
(3) *Organisations-Metamorphose des Menschen*, p. 79.
(4) *Histoire naturelle du genre humain*, t. I, p, 98.
(5) *Bulletin des sciences méd.*, t. XVI, p. 154.
(6) *Dict. des sciences méd.*, t. XVIII, p. 326.
(7) *Trans. méd. chir. de Londres*, t. XIII.
(8) *Traité de l'art des accouchements*, t. II, p. 5.
(9) *Beiträge zur Geburtshülfe*, etc., p. 78.
(10) MENDE, *Handbuch der gerichtlichen Medicin*, t. II, p. 304.

Buffon (1) affirme avoir pu prolonger la vie embryonnaire en maintenant loin du contact de l'air, dans des liquides chauds, des chiens expulsés de la matrice à l'époque ordinaire. Roose (2) dit avoir reproduit la même expérience sur des chats nouveau-nés.

Quoi qu'il en soit, ce qui caractérise essentiellement la naissance, c'est l'établissement de la respiration : le premier cri annonce la vie, comme le dernier soupir la mort. Dès que l'air a pénétré dans les voies respiratoires, toutes les fonctions s'établissent suivant un nouveau type; et, en même temps que la *respiration*, la circulation, la calorification, la digestion, l'innervation, etc., s'exécutent plus ou moins exactement comme pendant tout le cours de la vie. Dès lors, par conséquent, tout l'organisme doit se ressentir de la profonde modification qui vient de s'opérer en lui.

A peine la tête de l'enfant est-elle en contact avec l'air, que, suivant Friedheim (3), des mouvements convulsifs se manifestent dans les angles des lèvres et aux ailes du nez; puis la bouche s'ouvre par l'abaissement de la mâchoire inférieure, la cage pectorale se dilate, l'épiglotte se redresse; la glotte, auparavant presque complétement fermée, devient béante d'une manière permanente (4); la trachée-artère se développe, se déplisse, comme le prouvent la disparition des rides de sa paroi postérieure et l'état de tension de ses fibres musculaires transversales.

Par l'ampliation qu'acquiert la cavité thoracique, le vide se fait dans le poumon, dont la circonférence ne se sépare pas de la plèvre pariétale, et l'air se précipite dans cet organe pour n'en plus sortir complétement pendant le reste de la vie. Les poumons prennent alors un accroissement de volume : leur hauteur augmente d'un centimètre et leur largeur de quatre (5); il s'y fait, selon Bernt (6), une augmentation cubique d'un pouce et demi; leur poids augmente, et, selon Osiander (7), il est porté de onze gros trois quarts à vingt et un gros et demi. On comprend que cette augmentation de poids ne dépend pas seulement du volume d'air inspiré; mais elle est surtout produite par l'afflux du sang en quantité plus considérable : le calcul prouve, en effet, que le sang y contribue pour $419^{grains},88$ et l'air pour $0^{grain},11$ (8). Avant la naissance, les poumons présentent le même aspect que lorsqu'une inflammation empêche la pénétration de l'air dans leur tissu : ils sont denses, résistants, d'un rouge brun, hépatisés; la respiration une fois établie, ils deviennent plus légers spécifiquement, plus élastiques, crépitants et d'un rouge vermeil. Mais tous ces phénomènes ne se montrent pas simultanément dans toute l'étendue des poumons : Meckel (9) a observé, sur un enfant de six semaines et sur un autre de quatre, des parties de poumon qui n'avaient pas encore respiré, et, d'après Portal (10), le poumon droit, dont la bronche est plus ample et plus courte, respirerait le premier.

Quelle est la cause de la première inspiration ? Celle-ci est-elle due à une

(1) *Hist. nat. de l'homme.*
(2) *Physiol. Untersuch.*, p. 66.
(3) *Dissert. de prima resp.*, p. 9.
(4) MENDE, *ouvr. cit.*, t. III, p. 19.
(5) GUNZ., *Der Leichnam des Menschen*, etc., p. 80.
(6) *Handbuch der gerichtlichen Arznetkunde*, p. 266.
(7) *Handb. der Entbindungskunst*, t. I, p. 656.
(8) BURDACH, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 300.
(9) *Manuel d'anat.*, t. III, p. 532.
(10) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1765.

influence mécanique, à la pression atmosphérique ? Non évidemment, car l'air ne peut pas par lui-même pénétrer dans la cavité thoracique d'un enfant mort-né; car, insufflé, il ne dilate même pas les vésicules pulmonaires. On ne comprend pas davantage comment on a pu avancer et croire que l'établissement de la respiration résulte de la stimulation produite sur la moelle allongée par le sang artérialisé, puisque, dans cette opinion, la cause de l'établissement définitif de la respiration serait l'effet de la première inspiration, laquelle n'aurait toujours pas de cause appréciable. La première inspiration, comme le premier battement du cœur, doit reconnaître pour cause une loi primitive de la nature, une force inconnue qui domine tous les phénomènes de la vie : nous n'expliquerons pas autrement le premier effort de succion que fait l'enfant sur le sein de sa mère, ni le premier mouvement volontaire qu'il exécutera. Mieux vaut s'abstenir d'explications que d'en donner qui soient fondées sur des erreurs ou recueillies dans les ténèbres.

Quoi qu'il en soit, la respiration, une fois établie, continue à s'effectuer d'une manière permanente et régulière. Plus fréquente pendant l'enfance que pendant les autres âges, elle s'accompagne de phénomènes semblables.

Par suite de l'expulsion du fœtus et de la section du cordon ombilical, de la dilatation du poumon par l'air et de l'afflux plus considérable du sang vers cet organe, la circulation se trouve modifiée profondément. Le cœur est repoussé de droite à gauche et de haut en bas, par l'effet de la plus grande distension du poumon droit et de l'abaissement du diaphragme ; le trou ovale se ferme peu à peu, parce que la valvule d'Eustachi est tirée de haut en bas par l'abaissement du diaphragme, et qu'elle ne peut plus diriger vers cet orifice le sang de la veine cave inférieure, dont la quantité a d'ailleurs diminué de tout celui qui venait de la veine ombilicale, parce qu'aussi la valvule du trou ovale, plus grande que ce trou lui-même, est refoulée par le sang qui afflue dans l'oreillette pulmonaire. Le ventricule droit, d'abord plus petit que le gauche, devient plus grand que lui, suivant Meckel (1) : la capacité du ventricule aortique est à celle du ventricule pulmonaire comme 1 : 0,75 avant la respiration, comme 1 : 0,93 après la première respiration, et comme 1 : 1,66 au bout de sept mois. Le canal artériel se rétrécit rapidement, et, dès le troisième jour, se trouve oblitéré par un caillot qui se transforme ultérieurement en un cordon fibreux : cette oblitération, qui marche de l'aorte vers l'artère pulmonaire, est due à l'angle que le canal artériel forme avec l'aorte par l'effet de l'abaissement du cœur et l'élévation de la crosse aortique, et à l'élongation qui résulte de ce déplacement. Les artères ombilicales, devenues inutiles, se transforment en cordons fibreux ; l'aorte descendante ne reçoit plus de sang par le conduit artériel, et la veine ombilicale s'oblitère peu à peu dès le second jour après la naissance. D'un autre côté, les artères pulmonaires se développent, prennent un plus large calibre, le sang étant continuellement attiré vers les poumons par les mouvements de la respiration. Une fois ces phénomènes accomplis, la circulation prend le type qu'elle doit conserver pendant le reste de la vie (*).

A. *Première enfance.* — Après que l'enfant, par le fait de la naissance, a acquis une vie indépendante, il lui faut, pour la conserver et l'entretenir, des moyens

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 285, trad. de Jourdan.

(*) On sait que le pouls est plus fréquent dans l'enfance qu'aux autres âges de la vie : pendant le premier mois, le pouls donne par minute 130 à 140 pulsations ; pendant le troisième, 120 à 125 ; au neuvième, 115.

autres que ceux qu'il possédait dans l'utérus. Déjà nous avons vu s'établir la respiration et se transformer la circulation : dans la première enfance, la nutrition va présenter aussi de notables changements.

Habitué qu'il était, dans le sein maternel, à recevoir sa nourriture ou les éléments de son développement tout élaborés par des organes qui n'étaient pas en lui, le jeune enfant a besoin d'une nourriture très facilement assimilable, pour que son estomac puisse la digérer. Le lait que sécrètent les glandes mammaires est incontestablement celle qui lui convient le mieux : il y trouve l'eau nécessaire à étancher sa soif, qui, chez lui, est confondue avec la faim, et les matériaux solides appropriés à ses facultés digestives ; il y trouve cette température fixe de 37° qui est aussi celle de son corps ; il y trouve enfin ces éléments du sang que jusqu'alors il avait reçus tout faits. Aussi est-il dans la nature de l'enfant de prendre le sein et d'y chercher sa nourriture. C'est, pour lui, une nécessité primordiale qui ne résulte pas seulement du besoin de la faim, car l'enfant tette tous les corps que ses lèvres peuvent atteindre ; il tette, lorsque la moitié de son corps se trouve encore dans les voies génitales (1) ; il tette, même dans l'utérus, le doigt qui pénètre par hasard dans sa bouche (2), dominé qu'il est par une impulsion instinctive à laquelle la volonté n'a primitivement aucune part. Du reste, l'aliment, introduit dans les voies digestives, n'est pas toujours le même pendant la durée de l'allaitement : c'est d'abord un liquide jaunâtre, *colostrum*, qui, dit-on, aurait la propriété d'exciter les contractions, les mouvements vermiculaires de l'intestin (*) ; puis, du troisième au quatrième jour, suivant les uns, au huitième jour seulement, selon les autres, ce même liquide a complétement disparu pour faire place au véritable lait qui en diffère essentiellement par ses propriétés physiques et chimiques. La salive paraît manquer pendant les deux premiers mois, et, longtemps encore après ce temps, elle reste peu abondante, les glandes qui la sécrètent étant peu développées.

L'estomac devient plus horizontal après la première inspiration (3) ; après l'introduction des aliments, il acquiert une plus grande capacité. L'intestin grêle devient un organe puissant d'absorption, le gros intestin augmente en dimensions, et le rectum expulse trois ou quatre fois par jour les matières qu'il contient. Le foie diminue de volume relatif, il prend une couleur moins foncée, et sécrète une grande quantité de bile ; la vésicule biliaire, qui était d'abord cylindrique, prend la forme conique qu'elle doit conserver (4). Les reins sont proportionnellement très volumineux ; leur poids est à celui du corps comme 1 : 120, tandis que, chez l'adulte, ce poids sera comme 1 : 240. La vessie descend davantage dans le bassin et l'ouraque s'oblitère. L'urine est excrétée dix à douze fois par jour ; d'abord claire, incolore et inodore, elle ne renferme pas d'urée, mais elle contient de l'acide benzoïque (5).

La chaleur du nouveau-né, ou sa faculté calorifique, est moins élevée, plus faible que pendant les autres âges : suivant J. Davy (6) et W. F. Edwards (7), elle n'est

(1) OSIANDER, *ouvr. cit.*, t. I, p. 679.
(2) HAYN. Dans Burdach, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 432.
(*) Les caractères physiques et chimiques du *colostrum* ont été exposés plus haut, à propos de l'allaitement.
(3) BERNT, *ouvr. cit.*, p. 275.
(4) *Idem, ibid.*, p. 274.
(5) JOHN, *Chemische Tabellen des Thierreichs*, p. 16.
(6) *Physiol. and Anat. Researches*. London, 1829.
(7) *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 244.

que de 27° à 28° Réaumur. De là résulte sans doute que la mortalité est, jusqu'à la fin du troisième mois, beaucoup plus considérable en hiver qu'en été (1). Et pourtant, chez nous, même durant les saisons rigoureuses, on porte l'enfant à l'église pour le faire baptiser, à la mairie pour le faire inscrire sur les registres de l'état civil; dans plusieurs pays, au Canada (2), en Laponie (3), comme autrefois en Angleterre (4), on le plonge dans l'eau froide ou dans la neige. En exposant ainsi l'enfant naissant aux chances multiples de mort, il semble qu'on veuille, comme les anciens Spartiates, ne conserver à la vie que ceux qui sont assez vigoureux pour résister à de pareilles épreuves. Il faut noter néanmoins que la transpiration cutanée est, en général, très peu abondante chez le tout jeune enfant, ce qui empêche celui-ci de subir l'effet d'une des causes les plus directes de refroidissement.

Les mouvements que la respiration et la circulation communiquent à l'encéphale doivent contribuer à exciter cet organe, qui présente un volume proportionnel plus considérable que celui qu'il aura plus tard : son poids est à celui du corps comme 1 : 8, tandis qu'il sera, chez l'adulte, comme 1 : 40. C'est qu'en effet, dans la première enfance surtout, certaines fonctions encéphaliques ont déjà une grande activité. Une foule d'impressions vont atteindre l'enfant pour la première fois : à la naissance, le contact de l'air lui fait souffrir le froid; les mains qui le touchent, les corps qui l'enveloppent, les excréments qui le salissent, le bruit qu'il entend, etc., lui causent des sensations qui sont d'abord de la douleur; privé des liquides qui le nourrissaient dans l'utérus, il éprouve le sentiment de la faim, et c'est encore une douleur; obligé de rejeter les matières excrémentitielles que sécrète sa muqueuse intestinale, l'exonération est encore pour lui une sensation pénible. Mais, peu à peu, il s'habitue à distinguer ses impressions, et commence à éprouver du plaisir aux unes, qu'il recherche par des mouvements automatiques, à ressentir des autres une peine qu'il exprime par ses cris. Puis, la volonté se manifeste chez lui par des mouvements, par des actes qu'il exécute; les sons ne frappent plus péniblement ses oreilles, et les chants dont sa mère le berce calment ses souffrances et sèchent ses pleurs.

Vers le cinquième mois, son larynx produit un son qui n'est plus un simple cri, et vers le huitième, sa voix, augmentant sans cesse, lui permet d'imiter divers sons qu'il a entendus. Les sens de l'odorat et du palper sont plus tardifs que les autres dans leur développement; cependant Osiander (5) assure que les tout jeunes enfants aveugles-nés perçoivent l'odeur du lait qu'on leur présente. Un enfant de cinq semaines ne prenait volontiers que le sein de sa nourrice, dont la transpiration exhalait une mauvaise odeur; il saisissait avec difficulté celui de toute autre personne, et se mettait à crier dès que la nourrice s'approchait de lui.

Bientôt les facultés intellectuelles et morales de l'enfant se développent aussi; sa mémoire se manifeste; ses affections, ses répulsions peuvent être constatées par ses rires ou par ses pleurs : c'est ainsi qu'il arrive à la fin du neuvième mois.

B. *Seconde enfance.*—Dans cette période, qui s'étend jusqu'à la huitième année, la respiration se continue d'une manière régulière, moins rapide, mais plus profonde, et la toux devient facile sous l'influence des causes qui peuvent la produire.

(1) VILLERMÉ et EDWARDS, *Annales d'hygiène et de médecine légale*, t. II, p. 291.
(2) ZIMMERMANN, *Taschenbuch der Reisen*, t. III, p. 155.
(3) *Hist. nat. génér. et partic.*, t. II, p. 454.
(4) VIREY, *Hist. nat. du genre hum.*, t. I, p. 101.
(5) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 685.

La circulation se maintient comme elle était, en diminuant un peu de fréquence; la cavité thoracique augmente, et pourtant le cœur devient relativement plus petit, le thymus commence à décroître sensiblement. La calorification atteint son terme normal. La digestion présente en même temps les phénomènes les plus variés et les plus remarquables. Les aliments liquides, le lait maternel, ne suffisent plus à la nourriture de l'enfant; aussi la mastication lui devient-elle possible, ses mâchoires s'étant consolidées et armées de dents.

A la naissance, les dents n'étaient qu'à l'état de germe; elles commencent à faire saillie au dehors vers l'âge de dix mois environ. On cite quelques exemples d'enfants venus au monde avec des dents, mais ce sont là des exceptions. En général, pendant la première enfance, les dents n'atteignent pas au rebord alvéolaire; leur éruption se fait à cause de leur développement en hauteur et de l'usure qui résulte de leur frottement, de la pression qu'elles exercent sur le bord gingival. Cette éruption a lieu d'après un mode constant et régulier : elle commence, en général, par la mâchoire inférieure, où la dent incisive médiane apparaît tout d'abord; puis la dent correspondante se montre à la mâchoire supérieure; ensuite viennent les incisives externes, la première molaire, la canine, et enfin, vers la fin de la seconde année, la deuxième petite molaire. Ces premières dents ne sont que temporaires : au-dessous d'elles, en même temps qu'elles, mais plus lentement, se développaient les dents qui doivent être définitives, et dont le développement est cause de la chute des premières.

La dentition s'accompagne presque toujours d'une suractivité vitale extrême des gencives, des glandes salivaires et de la bouche. Les artères qui se rendent à ces parties prennent un accroissement notable; souvent même une inflammation réelle de toute la cavité buccale est produite par le travail de la dentition, et il n'est pas rare que des maladies graves en soient aussi le résultat. Toujours, d'ailleurs, une salivation, sinon morbide, du moins exagérée, accompagne la sortie des dents, et une hypersécrétion analogue du mucus gastro-intestinal peut amener la diarrhée.

L'estomac devient plus actif, mais aussi il conserve plus longtemps les aliments dans sa cavité, en extrait les parties assimilables avec une certaine lenteur, qui diminue la fréquence du besoin de manger. La bile devient plus épaisse et coule avec plus d'abondance; les matières évacuées par le rectum sont plus jaunes et plus consistantes, en même temps que les évacuations deviennent plus rares. Les reins présentent des lobules moins séparés; l'urine prend de la couleur, de l'odeur, et contient de l'urée.

Le centre nerveux cérébro-spinal, quoique son volume relatif diminue, acquiert à peu près le terme de son accroissement, et nous avons déjà fait remarquer, avec Sœmmering, Ackermann, les frères Wenzel, etc., que c'est dès l'âge de quatre ou cinq ans que s'établit la proportion prétendue pubère du volume du cervelet à celui du cerveau proprement dit. Ces circonstances sont en rapport avec les facultés nouvelles qui apparaissent.

D'abord hésitante et difficile, la marche n'était guère qu'une série de chutes occasionnées à la fois par la faiblesse des membres, le peu d'énergie des contractions musculaires, le défaut de coordination des mouvements, une mauvaise appréciation des distances et des obstacles, et enfin par la peur. Presque toujours, c'est vers la fin de la première année que l'enfant commence à se tenir debout, et vers la fin de la deuxième qu'il sait marcher.

Ce que la marche est aux membres inférieurs, la parole l'est au larynx. Les sons que l'enfant pouvait produire, il commence à les articuler; à l'imitation de sa mère, il remue ses lèvres, et le premier mot qu'il prononce, à peu près le même dans toutes les langues, est formé de la lettre *m* et de la voyelle *a*. On a avancé que le premier mot sortait quelquefois sous l'influence des affections, ou d'une manière involontaire (1). Il suffit, pour le produire, que le son primitif *a* soit interrompu dans son émission par la rencontre volontaire ou fortuite des deux lèvres, qui, en se rapprochant ou s'éloignant, articulent ce son qui retentit comme un baiser au cœur d'une mère. Et pourtant ce premier mot commence à isoler, d'une nouvelle façon, l'enfant de celle qui lui a donné le jour. C'est à la vue des progrès de son enfant que la femme manifeste, dans tout son éclat, la pureté, la générosité de son amour : l'enfant, attaché au sein maternel, est presque une partie du corps de la mère; sa première dent rompt cet attachement, et la mère est satisfaite. Elle aimait à tenir dans ses bras cet enfant qu'elle a nourri; il apprend à marcher, ses premiers pas l'éloignent d'elle, et elle se réjouit de ses progrès; elle le met, par la parole, en rapport avec le monde extérieur qui doit le lui enlever un jour, et pourtant elle est heureuse quand il commence à balbutier. C'est que, par instinct, elle a compris que, de près comme de loin, dans le présent comme dans l'avenir, cet enfant, c'est toujours elle se manifestant sous une nouvelle forme dans l'espace, se continuant pour un autre temps dans l'éternité; c'est qu'il est dans sa destinée de produire pour la société, et elle se réjouit de son œuvre. Sa récompense est dans son cœur, dans la reconnaissance de l'enfant qui a appris à la connaître et à l'aimer.

De la jeunesse.

Vers sept ou huit ans, les organes transitoires disparaissent; le thymus pour n'être pas remplacé (*), les dents de lait pour faire place aux dents définitives. Toutes les forces tendent encore à constituer l'individu, mais elles se manifestent par des progrès plus lents et plus durables : les fonctions digestives s'exécutent avec une énergie remarquable, qui est en rapport avec la nécessité de fournir à la rapidité de l'accroissement, et qui est favorisée par l'augmentation de la force musculaire de l'estomac et du canal digestif, par la sécrétion plus abondante de la salive et de la bile. La respiration s'opère plus complétement; la circulation prend à peu près son type normal, et le pouls ne donne plus que 80 à 90 battements par minute. L'accroissement du corps en hauteur, qui avait été de 60 centimètres environ pendant les sept premières années, n'est plus que de 5 centimètres par an pour les garçons et de 4 centimètres pour les filles. Le poids, au contraire, augmente davantage : son accroissement est d'environ 16 kilogrammes pour l'enfance; pendant la jeunesse, l'augmentation annuelle du poids est, terme moyen, de $2^{kil},250$ chez les garçons, et de $2^{kil},750$ chez les filles, depuis huit ans jusqu'à douze; de $5^{kil},500$ chez les garçons, et de $3^{kil},750$ chez les filles, depuis douze ans jusqu'à dix-sept (2).

(1) GROHMANN, *Entwickelung des kindlichen Alters.*, etc. Elberfeld, 1817.

(*) KRAUSE (MULLER'S *Archiv*, 1837) dit avoir trouvé le thymus, chez des sujets de 20 à 30 ans, même plus développé que chez les enfants. C'est seulement dans des cas exceptionnels et très rares que l'on rencontre cet organe à un âge aussi avancé : on sait d'ailleurs que le *ris* du veau, analogue au thymus, disparaît chez le bœuf.

(2) VILLERMÉ, *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, t. II, p. 351. QUETELET *Sur l'homme et le développement de ses facultés*. Paris, 1835, t. II. — BURDACH, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 505.

L'ossification, sans se compléter encore, continue à manifester ses progrès par la densité, la solidité, l'accroissement en longueur et en épaisseur que les os acquièrent, et surtout par la diminution des cartilages épiphysaires. Les sutures disparaissent, les os se soudent avec les épiphyses. Les os des mâchoires ont pris une étendue et une forme que rendait nécessaire la nouvelle dentition, qui comprend des dents plus larges et plus nombreuses, huit grosses molaires s'étant formées qui n'existaient pas d'abord.

Ainsi que pour l'accroissement, dès cet âge les sexes diffèrent par les habitudes extérieures, par les manifestations du sentiment et de la pensée. Soit par l'effet de l'éducation, soit pour quelque autre cause, le système musculaire du jeune garçon se développe plus que celui de la jeune fille ; son teint devient plus brun, sa peau moins douce ; ses jeux sont plus bruyants et plus dangereux, ils semblent comme un dérivatif nécessaire à la suractivité vitale, au besoin de motilité dont il est doué; en même temps son esprit se dirige vers les brillants tableaux de la guerre : plein de son individualité, il songe déjà à la gloire sans penser aux moyens de l'acquérir. Chez la jeune fille, toutes les pensées se concentrent dans les moyens de briller et de plaire par les grâces de la beauté, par l'éclat de la toilette, par le charme des talents de société ; tous ces sentiments se dirigent vers l'amour, et sont conduits par la tendresse vers les êtres faibles et souffrants. Il faut bien remarquer d'ailleurs que la jeunesse, dont le commencement est le même au sortir de l'enfance, pour les deux sexes à l'âge de sept ans, n'a pas les mêmes limites terminales pour le garçon et pour la fille : le premier n'entre dans l'adolescence qu'à seize ans ; la seconde y entre, dans nos climats, dès quatorze ans, et même, dans les grandes villes, un peu plus tôt.

De l'adolescence.

L'individu a acquis presque tout son développement particulier dans les âges précédents ; désormais il va tendre à développer l'espèce, à se continuer dans le temps par la reproduction.

Comme pour marquer le terme de l'accroissement individuel, au commencement de cet âge, au début de la puberté, il se fait souvent d'une manière brusque une élongation très prononcée du corps, un développement saccadé qui atteint les limites extrêmes de la taille : les os acquièrent de la solidité, les épiphyses continuent à se souder ; la dernière molaire apparaît, tandis que les autres dents commencent à s'user.

Mais les principaux phénomènes qui caractérisent cet âge s'observent du côté des organes génitaux : dans l'un et l'autre sexe, le travail qui s'opère vers ces parties est annoncé par une sécrétion abondante des follicules sébacés, par l'apparition de poils et par une turgescence générale. Chez l'homme, les testicules deviennent plus gros et commencent à sécréter du sperme ; les vésicules séminales, la prostate, la verge, participent à cet accroissement, et acquièrent rapidement le volume qu'elles doivent conserver. Chez la femme, les ovaires deviennent plus volumineux et prennent leur forme bosselée ; la matrice s'élargit, surtout vers son fond, et la menstruation s'établit. Comme phénomènes sympathiques chez l'homme, le menton se couvre de barbe, la voix prend son timbre viril pendant que le larynx se développe rapidement ; chez la femme, les seins s'arrondissent et le mamelon devient saillant sur l'auréole, qui a pris une teinte rosée.

Chez l'homme, les transformations sont tout extérieures ; elles sont plus in-

ternes chez la femme, dont le corps conserve davantage la finesse et la blancheur de la peau, la rondeur des formes, cette apparence moelleuse due à l'infiltration du tissu cellulaire par la graisse, qui caractérisent l'enfance.

Pour l'homme comme pour la femme, des idées nouvelles naissent à mesure que des organes nouveaux se développent, que des fonctions nouvelles s'établissent. Les songes précèdent presque toujours la réalité, et les rêves voluptueux sont fréquents longtemps avant qu'un rapprochement sexuel se soit opéré. Chez le premier, le besoin d'aimer se manifeste par une ardeur expansive qui rend le cœur meilleur; chez la seconde, par une tristesse concentrée qui souvent lui fait verser des douces larmes. A l'un, les provocations passionnées, les démonstrations extérieures, les amours ardentes; à l'autre, la langueur et la décence du maintien, le calme du visage, l'impassibilité apparente, voiles épais que revêt sa pudeur jusqu'au moment où le bonheur viendra les soulever. Aussi l'homme met plus de généralité dans son amour que la femme; il aime d'abord sans savoir qui il aime, il aime les femmes avant d'en aimer une. La jeune fille, au contraire, se crée un être idéal qu'elle orne de tous les charmes que son imagination peut inventer: c'est celui sur qui elle concentre tout son amour, celui qu'elle cherche le jour autour d'elle, qu'elle voit la nuit dans ses rêves de bonheur, douce illusion qui souvent fait place à une triste réalité. Aussi, pour elle, la solitude est un besoin, elle veut être seule avec ses pensées; tandis que pour le jeune homme, la société des femmes est pleine d'attraits, il les désire, il les recherche, les poursuit et les enveloppe de ses regards; il les embrasse à travers l'espace, il aspire leurs parfums, il frissonne au moindre contact. Tous ses sens, dirigés vers l'amour, lui procurent de nombreuses jouissances qu'il ne cherche ni à diminuer ni à dissimuler. Pour lui, il comprend que l'amour est un but; pour la femme, c'est un moyen d'être mère, et la jeune mère existe déjà dans le cœur de la jeune fille: à ses yeux, l'union sexuelle est moins peut-être la satisfaction d'un désir que l'origine d'une espérance, car la femme aime, longtemps avant qu'il existe, l'enfant qu'elle doit porter dans son sein, et que l'homme aimera seulement plus tard quand il l'aura reçu dans sa famille.

Mais l'éducation, sans doute, modifie profondément la manifestation des sentiments sexuels: chez les peuples sauvages, dans presque toutes les espèces animales, la femelle éprouve les mêmes besoins que le mâle, et souvent témoigne les mêmes désirs.

De l'âge mûr.

A travers toutes les transformations que l'homme a subies, il est arrivé à cette période de sa vie où le progrès n'existe plus pour lui, ni au physique ni au moral: son corps a acquis tout son développement, son intelligence jouit de toutes ses facultés dans leur plus grande perfection, ses sens sont devenus des instruments de la plus parfaite précision. L'homme est bien alors l'œuvre accomplie du Créateur.

Mais il ne se maintient dans cet état qu'au moyen d'une lutte continuelle entre les tendances au progrès, à un progrès impossible dont la source est la vie, et les causes de destruction dont le monde matériel l'entoure, et qui doivent l'entraîner dans la mort. Cette lutte est accusée journellement par les modifications que l'économie continue à supporter: sans cesse de nouveaux matériaux arrivent pour l'assimilation, mais le corps ne peut plus augmenter en hauteur, mais les muscles ne peuvent plus acquérir de fibres nouvelles, mais les viscères ne peuvent plus

prendre un développement plus grand, les organes des sens et de l'intelligence ne peuvent plus accroître leur volume; aussi les organes sécréteurs exercent-ils leur action avec une énergie suffisante pour enlever tous les éléments organiques qui seraient en excès, ou bien ceux-ci sont transformés en une substance, à peu près inutile et vont former un dépôt de graisse dans les replis de l'épiploon d'où ils ne seront plus tirés. C'est dans l'âge viril qu'en réalité la vie est l'équilibre instable entre les fonctions de nutrition et d'excrétion, entre les causes d'acquisition et celles de déperdition; équilibre bien instable, car à chaque instant il varie, à chaque instant il est troublé, et en deçà ou au delà, si l'une des forces l'emportait sur l'autre d'une manière excessive, l'état de santé ferait place à la maladie.

Arrivé à ce degré de perfection, l'homme, dont le développement corporel est borné par les limites primordiales de sa nature, comprend le besoin de se perpétuer dans l'espace et dans le temps par la génération : aussi est-ce à cet âge que ses facultés génitales possèdent toute leur énergie. La nature, qui, dans l'exercice de toutes les fonctions, a introduit des jouissances particulières, a voulu que, pour la conservation de l'espèce, le plaisir précédât la faculté; ces élans amoureux de l'autre âge, actuellement moins ardents mais plus profonds, moins vagues mais plus concentrés, se transforment dans l'âge mûr en aspiration vers la reproduction, qui n'est plus satisfaite par les seuls plaisirs des sens, par l'acte matériel, mais par son résultat.

C'est une nouvelle forme d'accroissement de l'homme : ainsi que nous avons vu, dans les espèces inférieures, l'individu primitif augmenter sans cesse en formant des individus nouveaux non indépendants de lui-même, ainsi l'homme s'accroît en formant un être nouveau qui, après s'être détaché de sa propre substance, le continuera indéfiniment dans le temps. Mais, à cette œuvre, il faut le concours de deux organismes; il faut que deux êtres, arrivés à leur parfait développement, se rapprochent et s'unissent, et dans l'âge viril, l'homme se choisit une compagne de sa vie, qui devient comme une partie de lui-même. A cet âge, l'homme, dont la vie dans la société est, comme dans la vie réelle, une lutte continue; l'homme, qui puise dans la conscience de sa force l'indifférence pour les secours étrangers, ne ressent plus ces vagues expansions de générosité, ces sentiments irréfléchis d'amour pour tout ce qui n'est pas lui: ces attributs d'un autre âge sont remplacés par une sorte d'égoïsme, et ce sentiment nouveau, comme tous ceux qui ont leur source dans la nature, est noble et saint, quand il n'est pas détourné de la voie qui lui a été primitivement tracée.

L'homme fait est égoïste, mais son égoïsme se répand sur la femme qui partage son sort, sur les enfants qui lui doivent le jour et auxquels il veut donner une existence fortunée; mais cet égoïsme, c'est l'amour de la famille, le plus pur, le plus sacré de tous les amours, car il survit à tous, car il traverse les siècles, car il est impérissable; et c'est en aimant son enfant que l'homme comprend le mieux l'amour que ses parents lui ont porté et qu'il les chérit davantage. C'est alors que l'homme tourne tous ses regards, toutes ses pensées, tous ses désirs vers les moyens d'assurer par lui-même, par ses succès, le bonheur de ceux qui lui sont chers; c'est alors que, dans la société où il vit, il lutte, il combat contre tous ceux qui lui font obstacle, qu'il devient égoïste. Mais quel sentiment est préférable à un sentiment qui unit par l'amour le passé à l'avenir, et tous deux au présent? Quel ordre nouveau, quelle organisation sociale nouvelle, quelle vaine philanthropie, quelle fausse fraternité pourraient remplacer jamais ce sentiment inné de la famille, dont

d'ailleurs, arriver à un âge plus ou moins avancé, suivant les constitutions, le sexes, les races, les climats, etc.

Quand l'œuvre de destruction suit sa marche la plus ordinaire, la vie disparaît dans le sens opposé à celui suivant lequel elle s'était développée : c'est du cœur aux organes périphériques que la vie semble marcher dans l'embryon, c'est de la circonférence au centre qu'elle quitte le vieillard. Alors les membres deviennent immobiles et obéissent aux lois de la pesanteur, ils perdent leur sensibilité et leur chaleur; les muscles cessent d'obéir à la volonté, si la volonté existe encore; la peau devient froide et sèche, ou bien se couvre d'une sueur visqueuse; la face prend un aspect caractéristique, elle paraît amaigrie; les yeux rentrent profondément dans les orbites, la cornée se trouble, les paupières se ferment à moitié par l'abaissement de la paupière supérieure; les pommettes deviennent saillantes, le nez s'effile; les lèvres, décolorées, restent béantes, et leurs commissures sont tirées en dehors et en bas. Les centres nerveux ont perdu presque toutes leurs facultés. La parole est devenue impossible ou incohérente comme la pensée elle-même; les yeux cessent de voir, les nerfs olfactifs sont insensibles aux odeurs; l'ouïe persiste plus longtemps. Les viscères abdominaux et thoraciques cessent aussi de remplir leurs fonctions. Les boissons tombent dans l'œsophage comme dans un tube inerte, les contractions intestinales se ralentissent; la respiration devient courte, lente, irrégulière, se suspend quelquefois, puis reparaît et se termine par une expiration, par le dernier soupir. Le pouls est vite, de plus en plus petit ; il offre de nombreuses rémittences jusqu'au moment où il cesse tout à fait d'être appréciable. Le cœur continue encore quelque temps à battre, mais faiblement, irrégulièrement, et sa dernière contraction marque le moment qui sépare la vie de la mort.

De la vie, bientôt il ne reste plus que des vestiges épars dans différents tissus qui conservent encore, quelque temps après la mort, des propriétés organiques : les capillaires se contractent de manière à chasser dans les veines tout le sang qu'ils contiennent ; l'irritabilité des muscles se manifeste sous l'influence de l'excitation produite par la pile voltaïque ; l'utérus peut expulser l'enfant qu'il renferme, quand déjà le cœur a cessé de battre, etc.

Mais bientôt ces phénomènes ultimes de la vie disparaissent, et le cadavre se refroidit complétement. Le sang se décompose, ses parties liquides infiltrent les tissus, ses éléments solides se déposent dans le cœur ou sur les parois des vaisseaux; la vapeur qui s'exhalait du corps avec une odeur de viande fraîche est remplacée par une odeur fade, aigre, caractéristique. Alors aussi survient dans tous les muscles une contraction énergique, mais lente et progressive : ils deviennent plus volumineux, plus durs et entraînent les membres dans le sens où leur énergie est prédominante, dans la flexion. Si l'on considère que cette contracture est, en général, d'autant plus prononcée que la mort a été plus rapide, d'autant plus forte que le sujet était plus vigoureux, qu'elle survient en même temps que la coagulation du sang dans le cœur ; si, d'un autre côté, on remarque qu'elle est à peu près nulle ou n'apparaît pas du tout chez les individus ayant succombé à une longue maladie, ou épuisés par une hémorrhagie abondante, ou bien encore asphyxiés par des gaz qui maintiennent le sang liquide, on est amené à penser que la contraction cadavérique est intimement liée par son essence à la coagulation du sang, qu'elle est peut-être un phénomène analogue à la contraction du caillot sanguin.

Aussi longtemps que persiste la roideur cadavérique, aucun phénomène de *putréfaction* ne se manifeste. Mais, à une époque qui varie suivant les conditions

hygrométriques et thermométriques de l'atmosphère, suivant le milieu dans lequel le cadavre se trouve placé, suivant son degré d'obésité et d'humidité, la nature de la maladie qui a précédé la mort, etc., la décomposition des tissus organiques s'établit. Pendant le cours de cette décomposition putride, il s'effectue dans la matière animale une véritable fermentation dont les produits intermédiaires sont encore inconnus : mais, dès que l'oxygène intervient dans ce mouvement moléculaire, il donne naissance à de l'eau et à de l'acide carbonique, produits extrêmes de l'oxydation des substances organiques ; l'azote s'unit à une certaine quantité d'hydrogène et se dégage à l'état d'ammoniaque. L'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque, tels sont donc les produits dans lesquels se résolvent, en définitive, toutes les matières animales en putréfaction. Ces matières, dont la composition est ordinairement si complexe, retournent, comme on le voit, aux combinaisons inorganiques qui avaient servi aux plantes à les élaborer (*). « C'est ainsi, dit Dumas (1), que l'étude de la putréfaction, qui, au premier abord, ne paraît faite que pour inspirer un sentiment de répugnance, acquiert un intérêt tout philosophique, en nous révélant un enchaînement de phénomènes admirable par sa simplicité. »

(*) Pendant tout le cours de la putréfaction, les produits volatils qui se dégagent exhalent une odeur fétide, due probablement à la présence du soufre et du phosphore dans ces miasmes ; en outre, il se forme de l'hydrogène sulfuré. Quant au dégagement d'hydrogène phosphoré, qui produirait, dans les cimetières, le phénomène si connu des feux follets, et qui serait dû à la décomposition des matières animales renfermant du phosphore, ce fait a besoin de confirmation.

Lorsque la putréfaction s'établit en présence de substances basiques capables de déterminer la formation d'un acide, on remarque, au nombre des produits, une certaine quantité d'acide nitrique, qui reste uni à la base. La formation de cet acide est due, dans ce cas, à l'oxydation de l'ammoniaque, un des produits de la putréfaction normale. (DUMAS, *Chimie physiol. et méd.*, Paris, 1846, p. 751.)

(1) *Chimie physiol. et méd.*, p. 749.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

FIG. 1, 2, 3, etc. — STRUCTURE ET DÉVELOPPEMENT DE L'ŒUF HUMAIN ET DE L'ŒUF DU LAPIN, D'APRÈS LES DESSINS PUBLIÉS PAR COSTE.

FIG. 1. — L'ovaire avec des vésicules de de GRAAF et des œufs à divers degrés de développement.

a, *a*, *a*, vésicules de de Graaf encore jeunes, commençant à se dessiner à la surface de l'ovaire ; *b*, vésicule de de Graaf plus développée ; *c*, autre vésicule de de Graaf encore plus développée, pour montrer sa structure et ses relations avec l'œuf ; *e*, feuillet externe ; *f*, feuillet interne, couverts l'un et l'autre de ramifications vasculaires provenant d'un vaisseau qu'on voit, au-dessous, se diriger vers la vésicule, à travers le tissu de l'ovaire ; *g*, couche celluleuse ; *c*, intérieur de la vésicule renfermant son contenu liquide ; *o*, œuf plongé dans son disque granuleux ou proligère ; *d*, autre vésicule de de Graaf au moment de sa rupture ; *o*, l'œuf qui s'en échappe, entraînant avec lui son disque granuleux.

FIG. 2. — Parties constituantes de l'œuf dans l'ovaire.

mv, membrane vitelline ; *j*, vitellus ; *vg*, vésicule germinative.

FIG. 3. — Œuf ovarique rompu.

mv, membrane vitelline ; *j*, vitellus, s'échappant de l'intérieur de l'œuf ; *vg*, vésicule germinative, dégagée des granules vitellins ; *tg*, tache germinative.

FIG. 4 à 12. — Principales périodes du développement de l'œuf du lapin, jusqu'à l'établissement de la première circulation.

FIG. 4. — Œuf dans la trompe, immédiatement après la fécondation.

a, mince couche d'albumine, déposée autour de lui dans la partie supérieure de la trompe ; *mv*, membrane vitelline, contenant des spermatozoïdes dans son épaisseur ; *j*, vitellus, présentant le phénomène du retrait.

FIG. 5, 6, 7, 8. — Œufs tubaires présentant la segmentation du vitellus, depuis la première division en deux, jusqu'à un fractionnement très avancé.

a, albumen dont la couche augmente d'épaisseur à mesure que l'œuf descend dans la trompe ; *mv*, membrane vitelline.

FIG. 9. — Œuf utérin dans lequel la vésicule blastodermique est formée.

Les sphérules provenant du fractionnement du vitellus se sont converties en cellules, qui constituent le blastoderme ; *mv*, membrane vitelline ; *a*, albumen. A la partie supérieure du blastoderme on voit se dessiner la tache embryonnaire.

FIG. 10. — Œuf utérin plus avancé.

mv, membrane vitelline commençant à offrir des villosités et à se convertir en premier chorion ; *b*, blastoderme ; *te*, tache embryonnaire ; *al*, aire transparente (*area lucida*) ; *le*, ligne embryonnaire.

FIG. 11. — Œuf utérin plus âgé. On n'a représenté que le germe séparé, par la dissection, du reste de l'œuf.

b, blastoderme ; *ag*, aire germinative ; *c*, extrémité céphalique du germe ; *q*, extrémité caudale ; *v*, vertèbres.

FIG. 12. — Jeune embryon avec une portion de sa vésicule ombilicale, dans la période de la première circulation.

a, allantoïde ; *b*, *b*, *b*, *b*, artères omphalo-mésentériques provenant des deux aortes ; *om*, *om*, troncs droit et gauche des veines omphalo-mésentériques ; *s*, sinus du cœur où convergent ces deux troncs veineux ; *c*, cœur.

PLANCHE II.

FIG. 1. — Coupe théorique du corps jaune dans les premiers temps de sa formation, d'après COSTE.

f, tissu fibreux de l'ovaire feutré et formant une sorte de loge aux membranes propres de la vésicule de de Graaf ; *g*, portion de couche granuleuse qui reste dans la vésicule de de Graaf après l'émission de l'ovule ; *h*, *h*, feuillet interne de la vésicule de de Graaf, hypertrophié et formant des plis saillants qui tendent à combler la cavité de cette vésicule, après l'expulsion du liquide et de l'ovule qu'elle renfermait : c'est ce feuillet qui est le siége principal de la formation du corps jaune ; *k*, *k*, feuillet externe de la vésicule de de Graaf, contracté sur le feuillet interne ; *x*, tronc vasculaire propre à la vésicule de de Graaf, logé entre les deux feuillets qui composent cette vésicule et se distribuant à l'un et à l'autre de ces deux feuillets.

FIG. 2 à FIG. 6. — Coupes théoriques des principales phases du développement des membranes du fœtus, d'après COSTE.

FIG. 2. — Coupe de l'œuf utérin après la formation du blastoderme et la réalisation de la tache embryonnaire, faite dans le sens longitudinal de cette tache.

e, feuillet externe (séreux) du blastoderme ; *e'*, tache embryonnaire, émanant de ce feuillet externe, et se continuant avec lui par tous les points de son étendue ; *i*, feuillet interne (muqueux ou intestinal) du blastoderme ; *i'*, portion du feuillet interne destiné à se convertir en intestin ; *o*, vésicule ombilicale future, peu distincte, à cette époque, de l'intestin rudimentaire, avec lequel elle communique largement ; *v*, membrane vitelline en voie de disparition.

FIG. 3. — Coupe de l'œuf utérin, au moment où les capuchons amniotiques commencent à paraître. Cette coupe, comme dans la figure précédente et dans les suivantes, est faite selon l'axe longitudinal du fœtus.

c, pli qui se produit sur le feuillet externe du blastoderme, du côté de la tête, pour constituer le capuchon amniotique céphalique ; *c'*, pli qui se produit sur le même feuillet, du côté de la queue, pour former le capuchon amniotique caudal. — Les lettres *e*, *e'*, *i*, *i'*, *o*, *v*, sont affectées aux mêmes parties que dans la figure précédente.

FIG. 4. — Coupe de l'œuf à une époque correspondante à l'apparition de l'allantoïde.

a, allantoïde à son origine, naissant de l'extrémité postérieure de l'intestin rudimentaire (émanation du feuillet interne du blastoderme), et faisant saillie, sous forme de vessie, à travers l'ombilic abdominal, largement ouvert à cette époque ; *c*, capuchon amniotique céphalique, réfléchi, en arrière, sur la tête et une partie du tronc du fœtus, et allant à la rencontre du capuchon amniotique caudal ; (*c'*), réfléchi, de son côté, sur le train postérieur ; *e*, feuillet externe du blastoderme ; *e'*, masse vertébrale du fœtus ; *m*, portion réfléchie du feuillet externe du blastoderme destiné à former la membrane amnios ; *i*, feuillet interne ou intestinal du blastoderme, converti, d'une part, en intestin rudimentaire (*i'*), et, d'autre part, en vésicule ombilicale (*o*) ; l'étranglement (*p*), qui sépare l'intestin rudimentaire de la vésicule ombilicale, constitue le pédicule qui appartiendra plus tard à cette vésicule ; *v*, membrane vitelline.

FIG. 5. — Coupe d'un œuf utérin plus âgé que le précédent.

a, *a'*, allantoïde se développant en membrane, et tendant à englober l'embryon, l'amnios en voie de formation, et la vésicule ombilicale ; *c*, *c'*, capuchons amniotiques céphalique et caudal, presque au contact l'un de l'autre ; *n*, portion de l'intestin rudimentaire représentant le rectum ; *r*, pédicule de l'allantoïde constituant l'ouraque ; *p*, pédicule de la vésicule ombilicale ; *t*, limite de l'*area vasculosa*, qu'emporte la vésicule ombilicale. — Les lettres *e*, *e'*, *i*, *i'*, *m*, *o*, *v*, désignent les mêmes parties que dans les figures précédentes.

FIG. 6. — Coupe d'un œuf utérin au moment où l'amnios est complétement réalisé.

a, point où l'allantoïde est venue se clore, pour constituer une vésicule complète, dans laquelle sont enfermés l'embryon, l'amnios et la vésicule ombilicale ; *c*, *c'*, traces des relations qui existaient entre le feuillet externe du blastoderme et l'amnios, auquel ce feuillet a donné naissance, et dont il est maintenant entièrement séparé ; *e*, feuillet externe du blastoderme en voie de disparition ; *i*, intestin formant une première anse

dont la convexité regarde la vésicule ombilicale ; *q*, *q*, villosités dont se couvre toute la surface de l'allantoïde : les unes sont destinées à s'atrophier, et les autres à persister pour former le placenta fœtal. — Voyez pour la désignation des lettres *e'*, *i*, *i'*, *m*, *n*, *o*, *p*, *r*, *t*, *v*, l'explication des figures 2, 3, 4 et 5.

Fig. 7. — Coupe théorique d'un utérus en état de gestation et du produit qu'il renferme.

a, *a'*, allantoïde transformée en chorion, pourvue, presque à toute sa surface, de villosités choriales, les unes en voie d'atrophie (en *a'*), les autres extrêmement développées et formant le placenta fœtal (en *q*) ; *e'*, masse vertébrale de l'embryon ; *i*, intestin rudimentaire ; *m*, *m*, amnios formant une gaîne au pédicule de la vésicule ombilicale et de l'allantoïde, et constituant une vaste poche dans laquelle l'embryon est renfermé ; *n*, *n*, muqueuse utérine (caduque pariétale des auteurs) ; *n'*, portion de muqueuse utérine en relation avec le placenta fœtal (caduque sérotine de quelques auteurs) ; *o*, vésicule ombilicale saisie entre l'allantoïde, convertie en chorion, et l'amnios ; *p*, pédicule de la vésicule ombilicale inséré au sommet de l'anse intestinale primitive ; *q*, villosités choriales formant le placenta fœtal ; *q'*, villosités choriales implantées dans la portion réfléchie de la muqueuse et en voie de disparition ; *r*, pédicule de l'allantoïde converti en ouraque ; *s*, portion réfléchie de la muqueuse utérine, formant la caduque réfléchie des auteurs ; *u'*, lames et brides de muqueuse utérine, formant les parois des lacunes dans lesquelles s'engagent les villosités choriales.

Fig. 8 et 9. — Figures destinées à montrer comment, d'après la théorie de Coste, la muqueuse utérine envelopperait peu à peu l'œuf, et réaliserait les caduques (utérine, réfléchie et sérotine) décrites par les auteurs.

PLANCHE III.

Figures théoriques représentant la circulation générale de l'embryon dans le premier mois du développement, d'après Coste.

Fig. 1. — Embryon et ses annexes vus de profil et par le côté droit.

a, confluent où se rendent en commun toutes les veines qui apportent le sang au cœur ; *b*, oreillette droite du cœur à son origine ; *b'*, oreillette gauche ; *e*, *e'*, *e''*, artères branchiales du côté droit, émanant de l'extrémité du bulbe de l'aorte ; *f*, tronc artériel représentant l'aorte ascendante droite et les branches qui en partent ; *g*, tronc veineux représentant les azygos supérieures (veines caves supérieures des auteurs) et les branches qui en dépendent ; *h*, confluent commun des azygos supérieure et inférieure ; *j*, veine cave inférieure ; *k*, azygos inférieure ; *m*, point d'anastomose des azygos inférieures avec l'aorte descendante ; *n*, aorte descendante ; *n'*, artères ombilicales (allantoïdiennes) fournies par l'aorte descendante ; *q*, veine omphalo-mésentérique s'anastomosant avec l'artère du même nom ; *q'*, portion de la veine omphalo-mésentérique qui persistera sous le nom de veine porte abdominale ; *r*, artère omphalo-mésentérique se distribuant sur les parois de la vésicule ombilicale ; *s*, veine ombilicale (allantoïdienne) se rendant du placenta au cœur en traversant le foie ; *t*, vésicule ombilicale ; *x*, trace du feuillet externe du blastoderme ; *y*, pédicule de la vésicule ombilicale ; *z*, chorion.

Fig. 2. — Même figure vue de face, moins les annexes.

a, confluent commun de toutes les veines ; *b*, *b'*, oreillettes droite et gauche ; *c*, *c'*, ventricules droit et gauche ; *e*, *e'*, *e''*, *i*, *i'*, *i''*, artères branchiales droites et gauches ; *f*, *f'*, aortes ascendantes droite et gauche ; *g*, *g'*, azygos supérieures droite et gauche (veines caves supérieures des auteurs) ; *h*, *h'*, confluents droit et gauche des azygos supérieurs et inférieures ; *j*, veine cave inférieure ; *k*, *k'*, azygos inférieures droite et gauche ; *l*, *l'*, point où la veine cave inférieure s'anastomose avec les azygos inférieures pour se substituer plus tard à elles ; *m*, anastomose de l'aorte descendante avec les azygos et la veine cave inférieure réunis ; *n*, *n'*, origine des artères ombilicales (allantoïdiennes) sur le trajet de l'aorte descendante ; *p*, *p'*, artères pulmonaires à leur origine ; *q*, tronc de la veine porte abdominale future, à son entrée dans le foie ; *r*, artère omphalo-mésentérique ; *s*, *s'*, veines ombilicales (allantoïdiennes) droite et gauche : cette dernière (*s'*), devant persister jusqu'au terme du développement, est plus volumineuse que la droite, qui disparaît d'assez bonne heure ; *t*, point où les deux aortes descendantes se réunissent pour constituer une aorte unique ; *v*, canal veineux.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE SECOND VOLUME.

DES SENS EN PARTICULIER.

SENS DE LA VUE.

De la lumière ou agent excitateur des impressions visuelles 1

Hypothèse de l'émission 1
Hypothèse des ondulations 2
Vitesse de la lumière 2
Lois de la réflexion de la lumière 3
Des miroirs 3
Images par réflexion 4
Lois de la réfraction de la lumière 5
Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes 7
Des lentilles 8
Centre optique 8
Marche de la lumière dans les lentilles sphériques 9
Aberration de sphéricité 11
Dispersion de la lumière et phénomènes qui s'y rapportent 12
De l'achromatisme 16
Des couleurs 19

Conditions de la vision en général 20

THÉORIE DE L'ŒIL.

De la formation des images dans l'œil 22

Procédés divers pour constater les images qui se peignent dans l'œil 23
Dimensions principales des diverses parties de l'œil, d'après Krause 24
Courbures des milieux réfringents de l'œil 25
Indices de réfraction de ces milieux 26
Marche des rayons lumineux dans l'œil 29
Centre optique de l'œil 30
Angle visuel 31
Appréciation du volume et de la distance des corps 32
Influence de la grandeur des derniers éléments de la rétine sur la vision nette .. 33
Influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à donner de la perfection aux images 35
Usages de l'iris 35
— du cristallin 36
— de l'humeur aqueuse 37
— du corps vitré 37
— de la choroïde 39
Rétine 40

De la vision distincte à différentes distances 40

Examen des théories qu'on a émises pour expliquer la vision distincte à différentes distances ..... 41 à 54
Expériences propres à démontrer la nécessité des modifications internes de l'œil pour l'adaptation ..... 49 et suiv.

Conclusion..... 55

Presbytie et myopie..... 55
Causes de ces imperfections et moyens d'y remédier..... 55
Optomètres..... 57
Influence des petites ouvertures sur la distance de la vision distincte..... 59

L'œil est-il achromatique ?..... 60

De la direction suivant laquelle sont vus les objets..... 63
Opinion de Porterfield..... 64
— de Rob. Smith..... 64
— de d'Alembert, etc..... 64

Vue droite avec des images renversées..... 64
Explication proposée par Lecat..... 65
— par J. Müller, Volkmann, etc..... 65
Théorie de Lamé..... 66
Autre interprétation de ce phénomène..... 66

De la vision avec les deux yeux..... 67
De la vue simple ou double au moyen des deux yeux..... 67
De l'horoptre..... 69
Stéréoscope de Wheatstone..... 71
Résultats d'expériences faites à l'aide de cet appareil..... 72
De la prépondérance successive de l'un des appareils visuels dans quelques cas particuliers..... 74
Résultats des expériences de J. Regnauld et de Foucault..... 75

Nature des impressions de la rétine..... 76
Toutes les parties de la rétine n'ont pas la même sensibilité..... 77
Expérience de Mariotte..... 77
Expérience de Brewster, qui prouve que le *punctum cæcum* de la rétine n'est pas réellement aveugle..... 78
Des différents phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux..... 78
Expériences sur la durée des impressions visuelles..... 79
Images accidentelles..... 80
Irradiation ; — auréoles accidentelles..... 83
Théories des phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux..... 86

Rôle de la rétine dans la vision..... 89

Mouvements du globe de l'œil..... 91
Nature et mouvements de l'iris..... 96

Parties protectrices de l'œil..... 98
Orbites..... 99
Sourcils..... 99
Paupières..... 100
Appareil lacrymal..... 102

Organe et sens de la vue dans la série animale..... 104

SENS DE L'OUIE.

Du son ou agent excitateur des impressions auditives..... 110
Causes physiques capables de produire le son..... 110
Conditions nécessaires à la propagation du son..... 111
Explication de ce phénomène..... 111
Ondes condensantes..... 112
Ondes dilatantes..... 112
Réflexion du son..... 113
Vitesse du son dans l'air..... 113
Propagation des ondes sonores à travers les solides et les liquides..... 114
Leur vitesse plus grande dans ces cas..... 114
Propriétés fondamentales du son..... 115

Durée, intensité, hauteur et timbre du son..... 115
Limites des sons perceptibles..... 117

Mécanisme de l'audition..... 118
Rôle de chacune des parties de l'appareil auditif..... 118
Pavillon de l'oreille..... 119
Conduit auditif externe..... 120
Membrane du tympan..... 120
Tension de cette membrane..... 121
Action du muscle interne du marteau..... 122
Osselets du tympan..... 123
Action du muscle de l'étrier..... 124
Trompe d'Eustache..... 124
Oreille interne..... 126
Fenêtre ovale..... 126
Fenêtre ronde..... 126
Vestibule..... 127
Canaux demi-circulaires..... 127
Limaçon..... 127
Sensation auditive..... 128
Appréciation de la distance et de la direction des sons..... 128
Illusions de l'ouïe..... 128
Finesse et justesse de l'ouïe..... 129
Durée de la sensation auditive..... 129

SENS DE L'ODORAT.

Des odeurs..... 129
Leur nature. — Hypothèses à ce sujet..... 130
Influences diverses qui peuvent modifier soit la production des odeurs, soit leur transmission..... 131
Essais de classification des odeurs..... 133
Effets de diverses odeurs sur l'économie animale..... 134
De l'appareil olfactif envisagé sommairement chez l'homme et chez divers animaux. 135
Siége précis du sens olfactif..... 139
Nerfs qui transmettent les impressions olfactives..... 139
Mécanisme de l'olfaction..... 139
Conditions nécessaires à son exercice..... 140
Rôle des diverses parties qui entrent dans la composition de l'appareil olfactif... 142
Usages du sens de l'odorat..... 143
Variétés individuelles..... 144

SENS DU GOUT.

Des saveurs..... 144
Leurs classifications..... 145
Expériences propres à préciser le siége du sens du goût..... 146
Nerfs destinés à la transmission des impressions gustatives..... 148
Mécanisme du goût..... 149
Conditions nécessaires à l'exercice de ce sens..... 150
Certaines sensations qu'on rapporte au goût dépendent de l'odorat..... 151
Variétés individuelles..... 152
Usages du sens du goût..... 153
Organe et sens du goût dans la série animale..... 153

SENS DU TOUCHER.

Définition..... 156
Tact et toucher; — leurs différences..... 156
Caractères distinctifs des phénomènes de sensibilité générale et des phénomènes de sensibilité tactile..... 157
Sensation de contact. — Expériences de E. H. Weber, H. Belfield-Lefèvre, etc... 159
Sensation de résistance ou de pression..... 160

Sensation de température..... 161
Main ou organe principal du toucher..... 162
Mécanisme du toucher..... 163
Usages du toucher..... 164
Influences diverses qui peuvent modifier le tact et le toucher..... 167
Du tact et du toucher dans la série animale..... 167

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL.

I. — Siége distinct de la sensibilité et de la motricité dans le système nerveux. de 171 à 216
Division physiologique des nerfs rachidiens et de la moelle épinière..... 171
— — du système nerveux des animaux invertébrés..... 185
— — des nerfs crâniens..... 189
— — de l'encéphale considéré dans ses rapports avec la sensibilité, la motricité et l'intelligence..... 194

II. — Mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif..... de 216 à 233
De la propagation du principe du mouvement dans l'appareil nerveux moteur. 216
Durée de l'excitabilité dans les nerfs moteurs séparés de l'axe cérébro-spinal. 223
Durée de l'excitabilité dans la moelle épinière séparée de l'encéphale..... 226
L'irritabilité musculaire disparaît-elle ou non avec l'excitabilité des nerfs du mouvement?..... 226
Mode d'extinction de l'excitabilité dans l'appareil nerveux moteur..... 226
De la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif..... 227
Mode d'extinction du principe du sentiment dans l'appareil nerveux sensitif. 229

III. — Action de l'électricité sur le système nerveux..... de 233 à 250
Courant électrique direct et courant électrique inverse..... 234
Influence de l'électricité sur les nerfs moteurs et sur les faisceaux antérieurs de la moelle épinière..... 234
Action comparée du courant électrique sur les nerfs moteurs et sur les nerfs mixtes..... 235
Influence de l'électricité sur les nerfs sensitifs et sur les faisceaux postérieurs de la moelle épinière..... 244
— sur les nerfs de sensations spéciales..... 245
— sur les diverses parties de l'encéphale..... 247
— sur le nerf grand sympathique..... 247

IV. — Influence des agents mécaniques, chimiques et toxiques sur le système nerveux..... 250
Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux..... 252
Expériences avec le *curare*..... 255
— avec la strychnine..... 256
— avec la conicine, la nicotine, la vératrine, etc..... 256
Expériences de W. Kuhne sur l'irritation chimique comparée des nerfs et des muscles..... 257
Particularités qui caractérisent le mode d'action du courant électrique et le différencient de celui des autres stimulants..... 258

V. — Du système nerveux considéré dans ses rapports avec les fonctions nutritives..... de 258 à 276

VI. — Du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent..... de 276 à 293
Expériences propres à mettre en évidence le pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal..... 277
Mouvements réflexes des muscles de la vie animale succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens..... 282
— à celle des fibres sensitives du grand sympathique..... 284
Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens..... 284
— à celle des fibres sensitives du grand sympathique..... 285

Y a-t-il, dans les ganglions du grand sympathique, un pouvoir réflexe comparable à celui de l'axe cérébro-spinal ? 285
Faits divers relatifs au pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal 287
Théorie du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent 290

VII. — **Du système nerveux considéré dans ses rapports avec les phénomènes sympathiques** ..... de 293 à 304
Examen des principales hypothèses qu'on a proposées pour expliquer les sympathies 294
Rôle de l'axe cérébro-spinal dans l'exercice des sympathies 299
Le système nerveux est leur agent unique 301
Énumération et classement des principaux phénomènes sympathiques 301
De l'antagonisme considéré dans les fonctions du système nerveux 303

VIII. — **De la force nerveuse** ..... de 304 à 324
Expériences tendantes à rechercher les courants électriques dans les nerfs... 305
Appréciation des arguments des électro-nervistes. — Poissons électriques. — Courant électrique musculaire et courant propre de la grenouille. — L'électricité peut-elle suppléer la force nerveuse pour déterminer la contraction des muscles ? — Différence de la force nerveuse et de l'électricité relativement à leur mode de propagation ..... de 307 à 315
Ce qu'on doit penser de l'analogie qu'on a voulu établir entre le fluide électrique et le principe nerveux 315
L'identité de l'agent nerveux et du fluide électrique reste encore à démontrer. 315
Vitesse de propagation de l'agent nerveux 315
Expériences d'Helmholtz à ce sujet 316
Pouvoir électro-moteur du tissu nerveux. Expériences de Du Bois-Reymond. 319
Ce que Du Bois-Reymond entend par état *électro-tonique* et *variation négative* ..... de 320 à 322
Opinions et expériences de G. Valentin et Schiff, relatives à l'état électro-tonique et à la variation négative 322
Conclusion générale 323

Propriétés et fonctions des diverses parties du système nerveux.

Propriétés et fonctions des membranes de l'axe cérébro-spinal 324
Du liquide céphalo-rachidien 328

[redacted]

orps striés 420
orps calleux, voûte à trois piliers, cloison transparente 423
entricules du cerveau et cornes d'Ammon 427
lande pituitaire et infundibulum 429
obes cérébraux ou cerveau proprement dit 430
es lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les sensations 430
— — avec les mouvements volontaires 434
— — avec l'intelligence, les sentiments et les instincts 438
ervelet 450
xamen des diverses opinions qu'on a émises sur les usages du cervelet. de 450 à 463
onclusion 463

és et fonctions des nerfs en particulier ..... de 464 à 588

erfs rachidiens 464
— crâniens ou encéphaliques 466
erfs encéphaliques sensoriaux 466
erf olfactif 468
— optique 474
— auditif 477
erfs encéphaliques sensitifs 479
erf trijumeau 479
— glosso-pharyngien 493
— pneumogastrique 499
erfs encéphaliques moteurs 538
erfs moteurs oculaires 538
— masticateur (ou racine motrice du trijumeau) 544
— facial 547
— grand hypoglosse 564
— spinal 568
erf grand sympathique 571
ensibilité du grand sympathique 571
otricité du grand sympathique 573
ources d'activité du grand sympathique 574
e grand sympathique et le système nerveux céphalo-rachidien s'influencent réciproquement 576
a-t-il dans les ganglions du grand sympathique un pouvoir réflexe comparable à celui de la moelle? 577
sages attribués aux ganglions du grand sympathique 579
omment les mouvements auxquels préside le grand sympathique sont involontaires. — Particularités relatives à ces mouvements 581
nfluence du grand sympathique sur les mouvements de la pupille 583
nfluence du grand sympathique sur la calorification, la nutrition et les sécrétions 585

Des facultés intellectuelles et morales.

onsidérations préliminaires 588
es facultés de l'âme 591
e l'entendement 594
e la volonté 596
es facultés des animaux. — De l'instinct. — De l'origine des idées. — De la raison. — De la conscience 601
e la nature du principe pensant 603

U SOMMEIL 609

DE LA GÉNÉRATION.

xamen de l'hypothèse des générations spontanées 628
e la prétendue génération spontanée des infusoires 633
— — — des entozoaires 645

DE LA GÉNÉRATION DANS LA SÉRIE ANIMALE.

I. — Fissiparité, ou reproduction par scission..... 654
II. — Gemmiparité, ou reproduction par bourgeons..... 667
III. — Oviparité, ou reproduction par germes..... 675
Notions générales sur l'œuf, le sperme, la fécondation et les divers modes d'oviparité..... 679

DE LA GÉNÉRATION DANS L'ESPÈCE HUMAINE.

I. — Éléments de la reproduction dans les deux sexes..... 693
A. — *De l'œuf*..... 693
Vésicules de de Graaf..... 695
Éléments dont se compose l'œuf humain..... 698
Membrane vitelline..... 698
Vitellus..... 699
Vésicule germinative..... 699
Taches germinatives..... 700
Aperçu général sur l'œuf des oiseaux..... 701
Origine, mécanisme de la formation de l'œuf humain..... 706
Mécanisme de sa chute..... 708
Corps jaunes..... 711
Causes de la chute de l'œuf..... 717
Époques de cette chute. — Rut. — Menstruation..... 722
Des menstrues ou règles..... 727
B. — *Du sperme*..... 731
Des spermatozoïdes..... 738
Leur origine et leur développement..... 745
Leur nature et leur destination..... 748
II. — De la fécondation..... 756
Copulation..... 757
Union de l'œuf et du sperme..... 764
Lieu dans lequel s'opère la fécondation..... 77

Développement des systèmes organiques du fœtus..... 830
— du système nerveux, du tégument externe, des poumons, des corps de Wolff et des organes génito-urinaires..... 830
— de la muqueuse intestino-ombilicale et de ses annexes, du tube digestif, du foie, du pancréas, de la rate, du mésentère. 856
— du système vasculaire. — Formes diverses de la circulation. 860
— *Nutrition de l'embryon*..... 860
Première circulation..... 861
Seconde circulation..... 868
Troisième circulation..... 879
Développement des tissus..... 880
Examen du système de Schleiden et de Schwann..... 882
Des divers modes de formation des cellules..... 884
Ce que deviennent, par les progrès du développement, les nombreuses cellules dont la réunion constitue l'ensemble des organes embryonnaires..... 888

Lois du développement..... 893
Le fœtus humain passe-t-il par des états transitoires rappelant la constitution définitive des différents êtres qui lui sont inférieurs dans la série animale?. 893
Des substitutions organiques..... 896
Hypothèse du développement centrifuge..... 896
Hypothèse du développement centripète..... 897

Théories de la génération..... 899
Système de la préexistence et de l'évolution des germes..... 899
Ovisme..... 902
Spermatisme..... 902
Système de la postformation des germes et de l'épigénèse..... 904

DE L'ACCOUCHEMENT.

Première période..... 909
Seconde période..... 911

DE L'ALLAITEMENT.

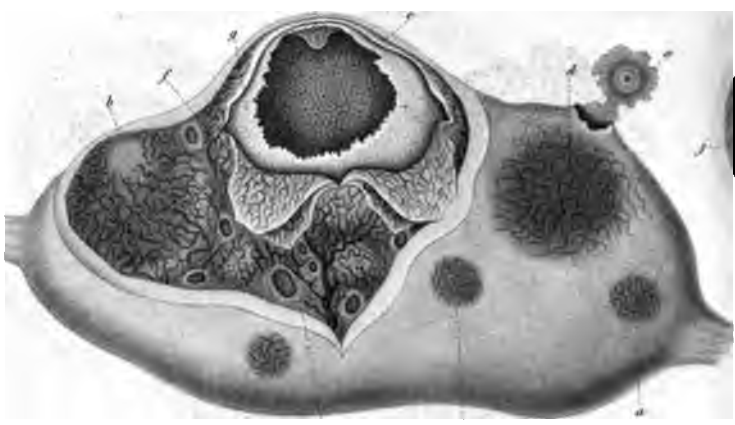
Du lait..... 914
Ses caractères microscopiques et sa composition..... 914
Une seule espèce de globules existe dans le lait..... 914
Nature de ces globules..... 915
Lait abandonné à lui-même..... 915
Réaction chimique du lait..... 916
Rapports entre l'alimentation et la sécrétion lactée..... 917
Du colostrum..... 918
Sa composition chimique diffère de celle du lait..... 918
Corpuscules propres au colostrum..... 919
Époques de leur disparition..... 919

DES AGES.

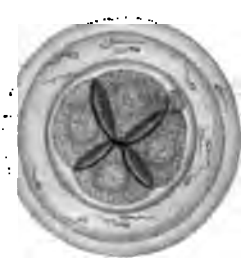
Considérations générales.....919 à 924
De la naissance..... 924
De la première enfance..... 926
De la seconde enfance..... 928
De la jeunesse..... 930
De l'adolescence..... 931
De l'âge mûr..... 932
De la vieillesse..... 934
De la mort..... 935

EXPLICATION DES PLANCHES..... 938

FIN DE LA TABLE DU SECOND VOLUME.

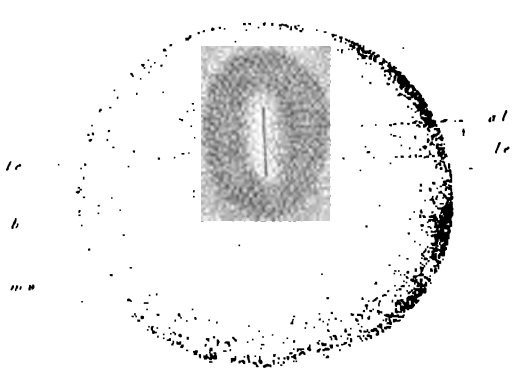


6.

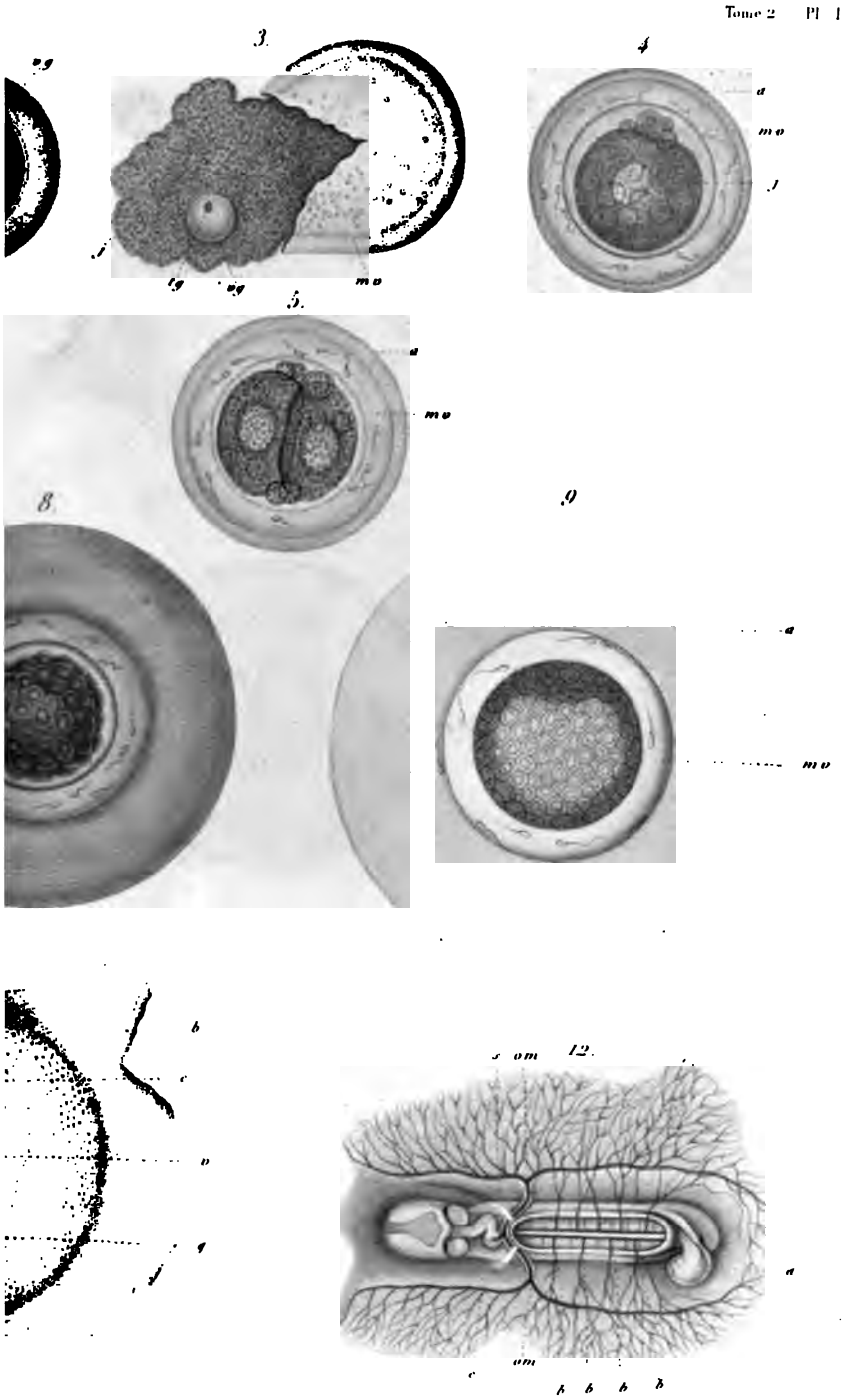


7.

10.



Gravé par Rouzeau



Imp^ie de N. Remond

L'OEUF

LONGET. — Traité de Physiologie.

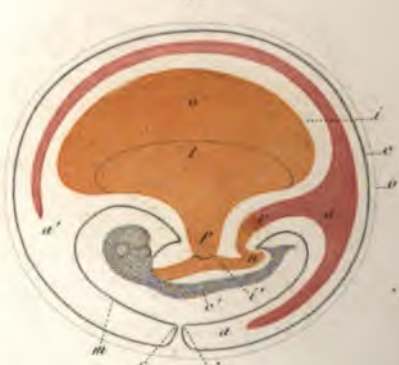
1.

2.

3.

4.

5.

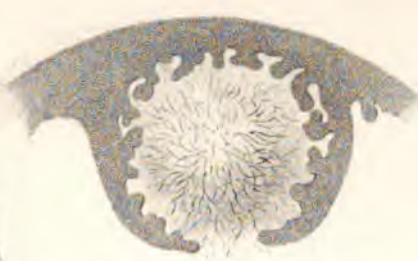


J. P. Visto sc.

3.

4.

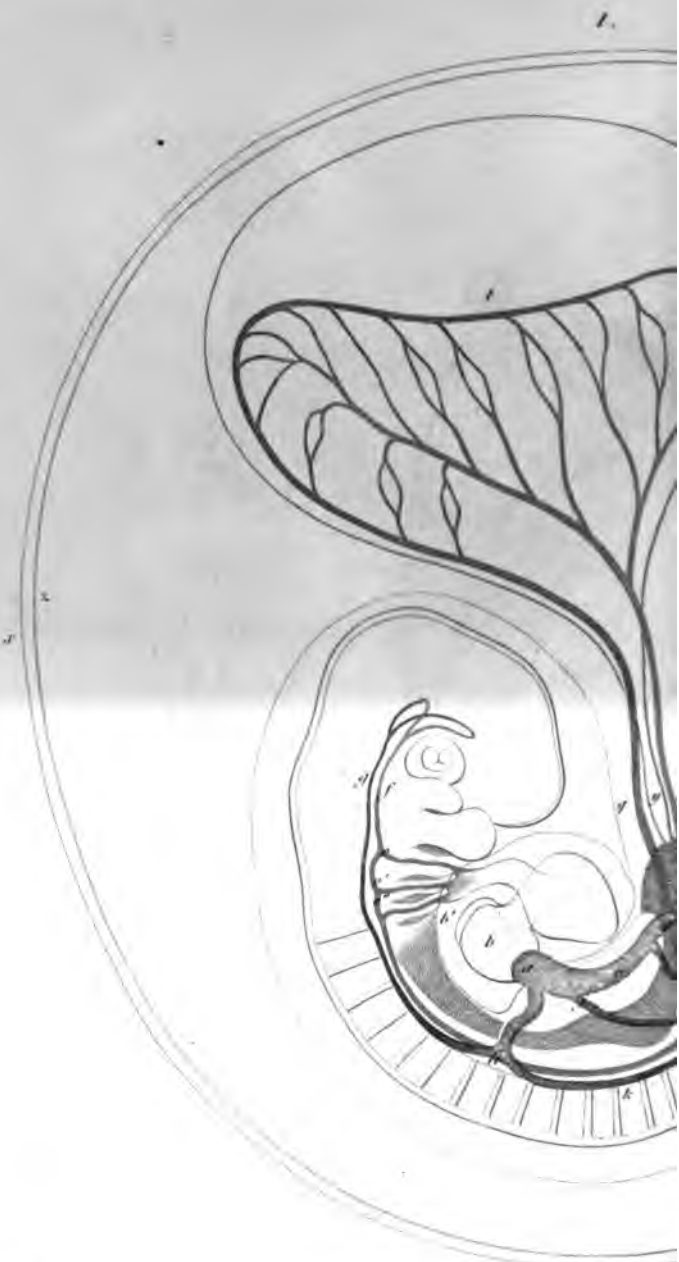
9.



6.

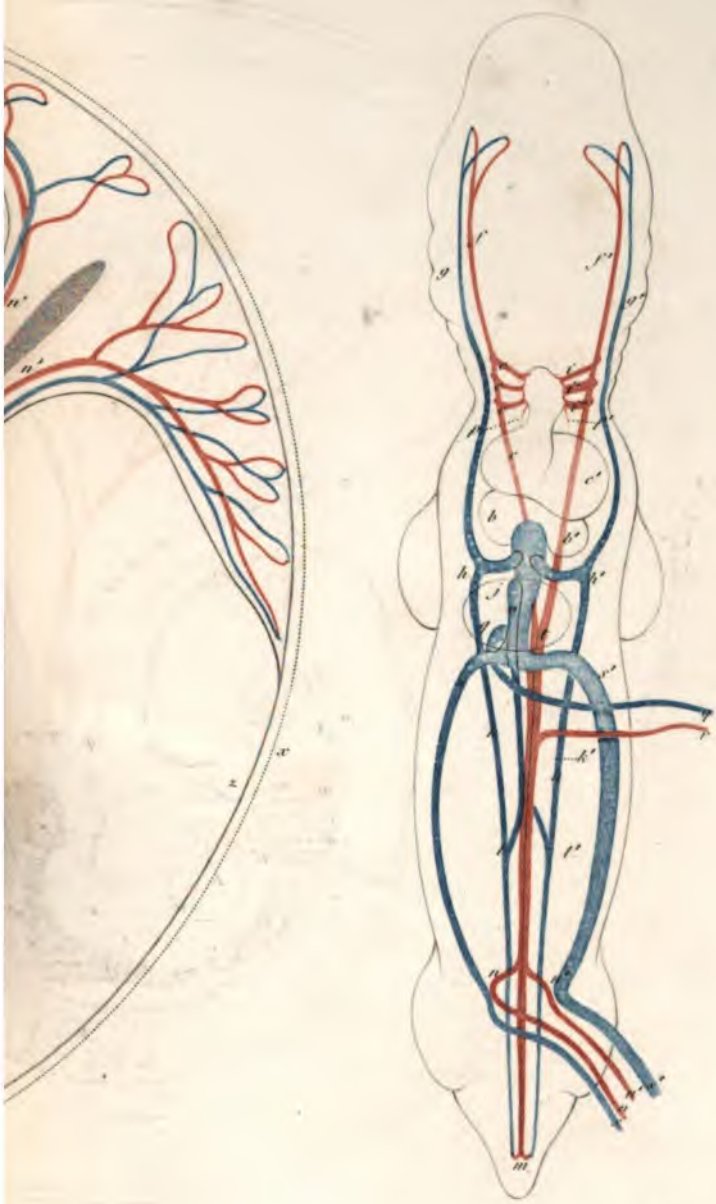
N. Rémond imp.

LONGET Traité de Physiologie.



J. P. Vinto sc.

2.



N. Richard imp.

QP
31
L852
1861
V.2
LANE
STORAGE

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIV MED CTR
JUL 11 1988
STANFORD, CA 94305

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY MEDICAL CENTER
STANFORD, CALIFORNIA 94305
FOR RENEWAL: PHONE 497-6691

DATE DUE

LONGET. — Traité de Physiologie.

1.

2.

8.

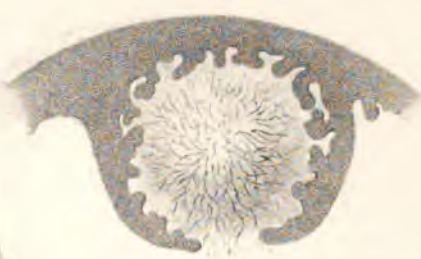
5.

J. P. Visto sc.

3.

4.

9.

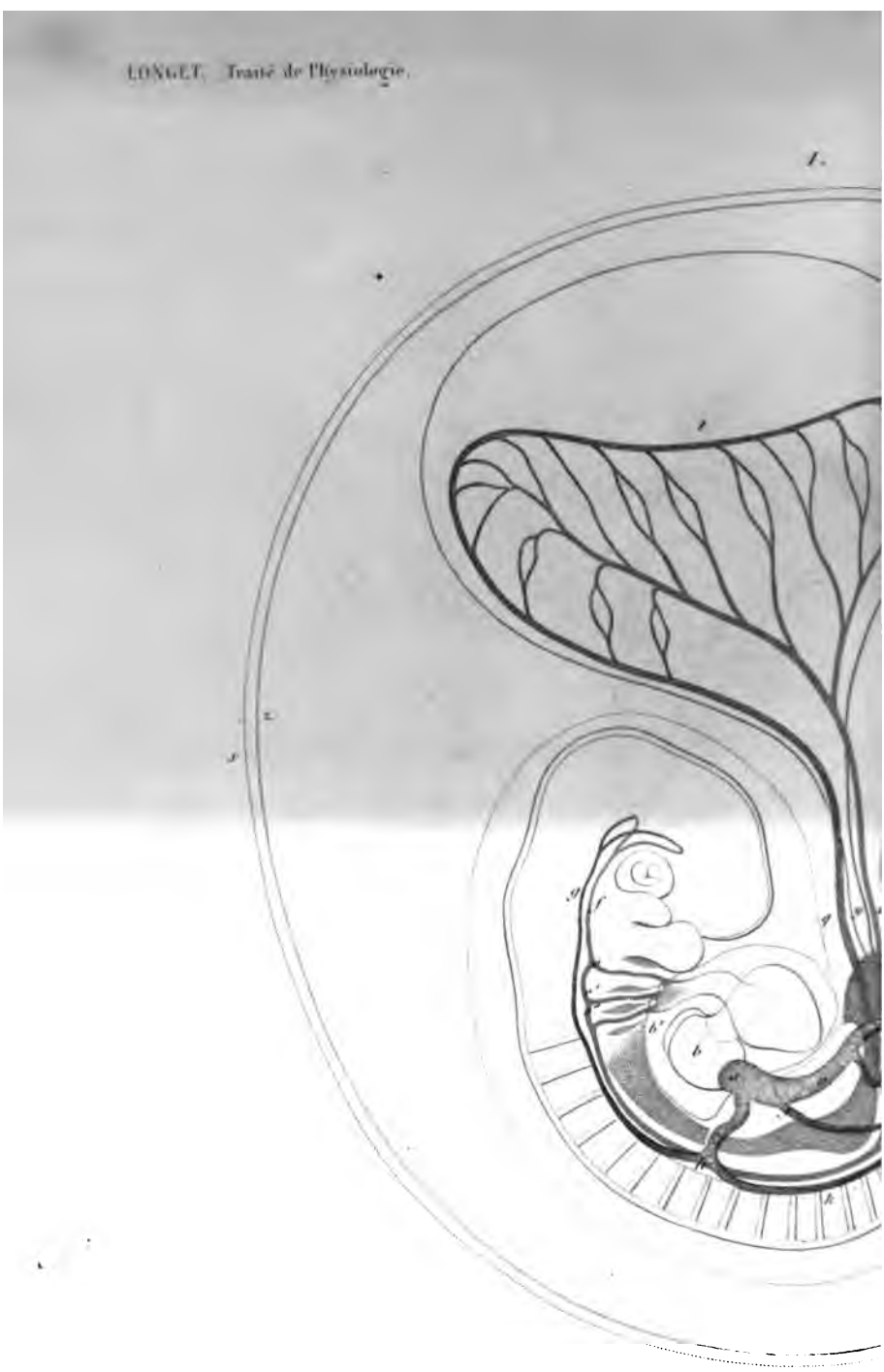


6.

N. Réveaud imp.

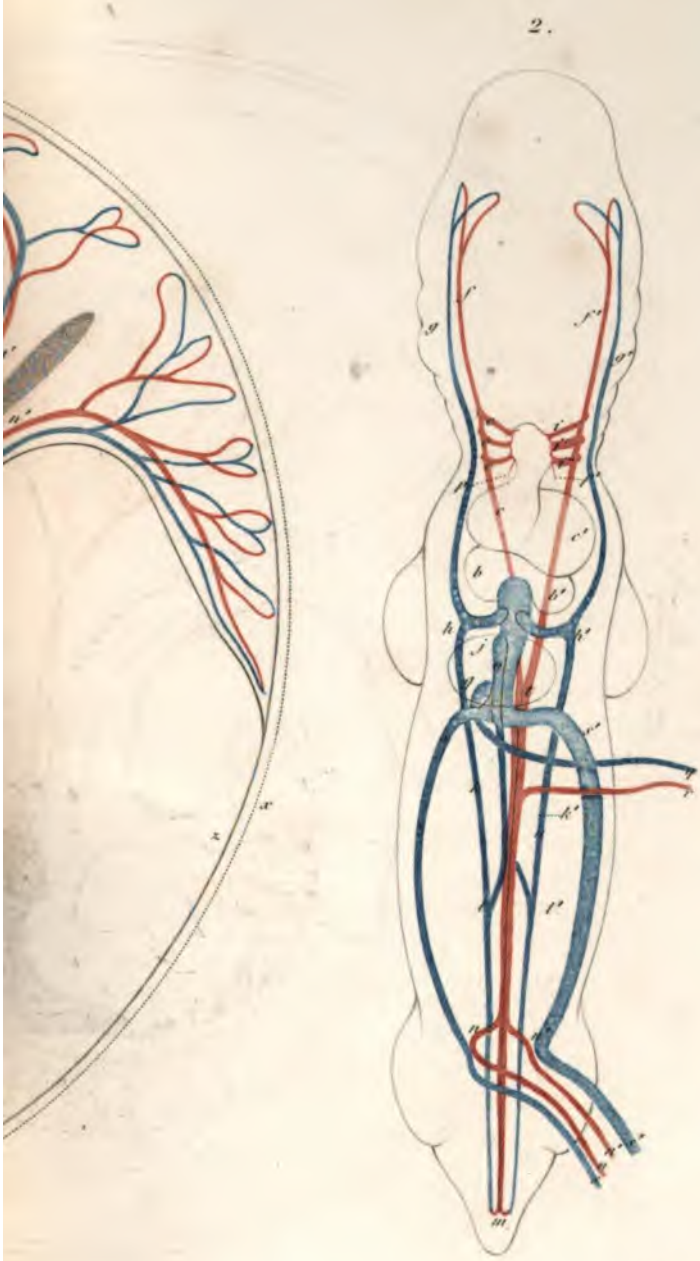
LONGET. Traité de Physiologie.

I.



J. P. Visto sc.

2.



N. Reimond imp.

QP
31
L852
1861
v.2
LANE
STORAGE

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIV MED CTR
JUL 11 1988
STANFORD, CA 94305